CIÊNCIAS RURAIS

NO SÉCULO XXI

EZEQUIEL REDIN

(ORGANIZADOR)

Editora Poisson

VOLUME 4

Ezequiel Redin
(Organizador)

Ciências Rurais no Século XXI
Volume 4

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2025

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
MSc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
MSc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569

Ciências Rurais no Século XXI - Volume 4
Organização: Ezequiel Redin - Belo Horizonte - MG: Editora Poisson, 2025

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-515-1
DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Agricultura 2. Meio Ambiente 3. Zootecnia 4. Ciências Agrárias I. REDIN, Ezequiel II. Título.

CDD-620

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterado.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Entre direitos e desigualdades: a efetivação do direito humano à alimentação adequada no Brasil frente à insegurança alimentar e aos retrocessos institucionais 07

Lucas Rocha Vita Ribeiro Gomes, Jordana Cristhina Ribeiro Gomes Nogueira, Ramon de Souza Oliveira, Cleonice Borges de Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.01

Capítulo 2: A renda não agrícola na agricultura familiar: um estudo de caso da Associação de Mulheres Quilombolas do Capão, município de Presidente Juscelino-MG 20

Adriane Caldeira Batista Oliveira, Daniel Ferreira da Silva, Tamir Fernandes Oliveira, Edilson Almeida

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.02

Capítulo 3: Produção de híbridos de mamoneira em dois sistemas de produção no oeste da Bahia 37

Antonia Mirian Nogueira de Moura Guerra, Felipe Silva Porto, Ublener Anjos Macedo, Janine de Novaes Almeida, Rita Costa da Silva, Mylena Teixeira Santana, Edeilton Borges dos Santos

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.03

Capítulo 4: O capim-elefante e suas diferentes finalidades: uma revisão bibliográfica 49

Ana Kesia Faria Vidal, Rogério Figueiredo Daher, Kaysa Lacerda Ferreira, Rafael Souza Freitas, Moisés Ambrósio, Josefa Grasiela Silva Santana, Moisés Ambrósio, Maxwel Rodrigues Nascimento, Cleudiane Lopes Leite, Josilene Vargas Xavier, Genival Ferreira dos Santos-Junior, André Filipe Diniz de Souza, Cleverton França Vaz, Gabriel Bousse Picanço, Kethily Kauane Vieira Maciel, Ana Luiza da Silva Pereira Vaz

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.04

Capítulo 5: Parâmetros genéticos e ganho de seleção em genótipos de arroz irrigado avaliados em ensaio de VCU 64

Ana Kesia Faria Vidal, Rogério Figueiredo Daher, Silvino Amorim Neto, Rafael Souza Freitas, Josefa Grasiela Silva Santana, Moisés Ambrósio, Maxwel Rodrigues Nascimento, Cleudiane Lopes Leite, Josilene Vargas Xavier, Genival Ferreira dos Santos-Junior, André Filipe Diniz de Souza, Cleverton França Vaz, Gabriel Bousse Picanço, Kethily Kauane Vieira Maciel, Ana Luiza da Silva Pereira Vaz

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.05

SUMÁRIO

Capítulo 6: Aproveitamento de resíduos agrícolas através do processo de pirólise.. 75

Flávio Silva Machado, Mateus Carvalho Amaral, Maria Helena Teixeira da Silva, Luiz Antônio de Oliveira Chaves, Vanessa End de Oliveira, Robisom Damasceno Calado

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.06

Capítulo 7: Consumo específico de energia elétrica em uma agroindústria familiar produtora de mel..... 89

Eduardo David

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.07

Capítulo 8: Influência da aplicação do Ethrel nas características físicas e físico-químicas da banana 'prata' durante o amadurecimento..... .95

Emanoel Fernandes de Araújo Faustino, Pahlevi Augusto de Souza, Greyce Kelly da Silva Lucas, Raquel Januário da Silva, Josimara de Souza Alves, Camila Fernanda de Araújo Faustino

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.08

Capítulo 9: Podridão das maçãs do algodoeiro..... 104

Magna Maria Macedo Nunes Costa

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.09

Capítulo 10: Estudos de casos do processo produtivo e distribuição de hortaliças hidropônicas no município de Itacoatiara-AM..... 113

Rute Holanda Lopes, Samily Alvarenga dos Santos, Zaquelana Pereira Coutinho

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.10

Capítulo 11: Dinâmica da cobertura vegetal e regeneração florestal em áreas de proteção ambiental: estudo de caso de seis décadas..... 126

Bruna Soares Xavier de Barros, Zacarias Xavier de Barros, Ronaldo Alberto Pollo

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.11

SUMÁRIO

Capítulo 12: Reação de genótipos de trigo à infecção natural por Fusarium graminearum Schw. e Puccinia triticina Erikss. no oeste do estado do Rio Grande do Sul 135

Eduardo Rodrigues Molinari, Mariza Moraes Ponce, Mireli Duarte Bergmann, Tainah Espinosa dos Santos, Bruna Canabarro Pozzebon, Gilberto Rodrigues Liska, Renata Silva Canuto de Pinho, Paulo Jorge de Pinho, Leomar Hackbart da Silva, Rodrigo Trindade Pinheiro, Edgar Salis Brasil Neto, Maria Fernanda Antunes da Cruz

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.12

Capítulo 13: Isoterma de adsorção de langmuir e o efeito de características do solo sobre PREM, CMAP e k 140

José Gabriel Freitas de Lima, Washington Luiz Cotrim Duete, Rozilda Vieira Oliveira, Júlio César Azevedo Nóbrega

DOI: 10.36229/978-65-5866-515-1.CAP.13

Autores 152

Capítulo 1

Entre direitos e desigualdades: a efetivação do direito humano à alimentação adequada no Brasil frente à insegurança alimentar e aos retrocessos institucionais

Lucas Rocha Vita Ribeiro Gomes
Jordana Cristhina Ribeiro Gomes Nogueira
Ramon de Souza Oliveira
Cleonice Borges de Souza

Resumo: A alimentação, além de ser um requisito fisiológico básico para a preservação da vida, constitui um direito humano fundamental, intimamente associado à dignidade da pessoa humana e à justiça social. Compreendida em sua dimensão ampliada, a alimentação adequada abrange aspectos biológicos, culturais, ambientais e socioeconômicos, refletindo-se como uma construção histórica e política. No Brasil, a incorporação do Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA) na legislação nacional tem sido acompanhada por esforços normativos e institucionais voltados à promoção da Segurança Alimentar e Nutricional (SAN). No entanto, os avanços obtidos nas últimas décadas enfrentam retrocessos significativos diante de crises políticas, econômicas e sanitárias recentes. Este estudo tem como objetivo analisar criticamente o percurso histórico e jurídico do DHAA, com base em revisão bibliográfica de caráter exploratório, buscando compreender seus fundamentos, marcos normativos e os desafios contemporâneos para sua efetivação no contexto brasileiro.

Palavras-chave: Direito humano à alimentação, Segurança alimentar, Políticas públicas, Insegurança nutricional, Justiça social.

1. INTRODUÇÃO

A alimentação representa um componente essencial para a sobrevivência e o desenvolvimento humano, sendo fundamental ao funcionamento adequado do organismo, à preservação da saúde e à formação das capacidades físicas, cognitivas e emocionais dos indivíduos. A ingestão equilibrada de macronutrientes — como proteínas, carboidratos e lipídios — e micronutrientes — como vitaminas e minerais — é indispensável ao fortalecimento do sistema imunológico e à manutenção do estado nutricional adequado (Oliveira *et al*., 2019).

Do ponto de vista biológico, a nutrição adequada está diretamente associada ao consumo de energia suficiente para o desempenho das funções vitais. Contudo, a alimentação vai além do aspecto fisiológico, sendo moldada por fatores culturais, econômicos, sociais e simbólicos que variam conforme o grupo social e o contexto histórico. Conforme destacam Ambrossi e Grisotti (2022, p. 14), "existem também regras e leis implícitas em todas as culturas sobre o que alguém deve ou não comer", o que evidencia a complexidade e a subjetividade da prática alimentar.

Nesse sentido, não basta assegurar a existência de alimentos: é necessário garantir o acesso a uma alimentação que seja nutricionalmente adequada, segura e culturalmente aceitável. A disponibilidade de alimentos deve considerar as especificidades biológicas da população local e, simultaneamente, as condições econômicas, sociais e identitárias que determinam sua aquisição e consumo (Almeida; Fernandes, 2011; Squeff; D´Aquino, 2022).

Essa abordagem multifacetada está presente no conceito de Segurança Alimentar e Nutricional (SAN), que se vincula diretamente ao Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA). Este direito desdobra-se em duas dimensões: o direito de estar livre da fome e da desnutrição, e o direito ao acesso regular a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, respeitando as particularidades culturais e ambientais (Fontolan *et al*., 2022). Para Maluf (2009, p. 17), a SAN implica considerar critérios de adequação, qualidade e adaptação, de modo a harmonizar as relações entre os indivíduos e o meio ambiente.

No plano internacional, iniciativas lideradas pela Organização das Nações Unidas (ONU) têm buscado consolidar o DHAA como eixo estruturante do desenvolvimento humano. Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente a Meta 2 — "fome zero e agricultura sustentável" —, representam esforços coletivos para enfrentar a insegurança alimentar em escala global. Apesar disso, cerca de 795 milhões de pessoas ainda vivem em situação de fome (Guerra; Cervato Mancuso; Bezerra, 2019, p. 19).

A proclamação da "Década de Ação pela Nutrição" (2016–2025) pela ONU reforça esse compromisso e visa fomentar políticas públicas que enfrentem as múltiplas expressões da má nutrição e promovam ambientes alimentares saudáveis. Tal movimento busca estimular a ação coordenada entre Estados, sociedade civil e organismos internacionais para a efetivação do DHAA (Guerra, 2022, p. 15).

No Brasil, embora as práticas alimentares da população ainda estejam distantes do ideal em termos de qualidade nutricional e regularidade, observa-se o avanço da alimentação adequada na agenda das políticas públicas. A aprovação da Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (Lei nº 11.346/2006) e a inclusão do DHAA no artigo 6º da

Constituição Federal, por meio da Emenda Constitucional nº 64/2010, constituem marcos institucionais decisivos (Araújo, 2020, p. 13).

Contudo, a simples previsão normativa do direito à alimentação não tem sido suficiente para garantir sua efetividade. De acordo com Thomas e Pinheiro (2012, p. 12), "a positivação do direito não implica, por si só, sua concretização, seja por razões políticas, ideológicas ou operacionais". Tal limitação ficou evidente durante a pandemia de Covid-19, quando as fragilidades do sistema alimentar brasileiro foram acentuadas.

Dados da Rede Penssan (2022, p. 14) revelam que 15,5% da população brasileira, o equivalente a 33,1 milhões de pessoas — encontra-se em situação de fome, com maior incidência em domicílios chefiados por mulheres, pessoas pretas, indígenas e populações rurais. Esse quadro reflete o desmonte institucional de políticas públicas estruturantes e a omissão do Estado diante do agravamento da insegurança alimentar.

Frente a esse panorama, impõe-se refletir sobre o papel do Estado na garantia do DHAA. Como destacam Thomas e Pinheiro (2012, p. 11), esse direito deve ser entendido tanto sob uma perspectiva negativa — que impede o Estado de agir contra a alimentação saudável — quanto positiva — que exige ações concretas para sua realização. Inclusive, o Poder Judiciário tem sido convocado a atuar em demandas judiciais que tratam da efetivação do DHAA e da SAN, reconhecendo a justiciabilidade desses direitos sociais.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica exploratória sobre a gênese e a evolução do Direito Humano à Alimentação Adequada e sua articulação com o conceito de Segurança Alimentar e Nutricional no contexto brasileiro, com base nas contribuições de autores como Belik (2003), Albuquerque (2009), Ambrossi e Grisotti (2022), Maluf (2006) e Siqueira (2014), entre outros.

2. DA ORIGEM E EVOLUÇÃO DO DIREITO HUMANO À ALIMENTAÇÃO ADEQUADA (DHAA) À CONCEPÇÃO DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL (SAN): O CASO BRASILEIRO

A história da alimentação mundial é marcada pelo receio de escassez de alimentos e desigualdade na distribuição de terras. As pessoas abandonaram sua vida nômade, confiando nos caprichos da natureza para encontrar comida e, mesmo na pré-história, começaram a apreciar a relação entre o solo e a semente, o que deu início ao processo de utilização e manipulação da natureza (Aguiar, Padrão, 2022, p. 120). A alimentação era um ato ordinário e natural, fruto do trabalho de pesca, da caça, da coleta de frutos e plantação destinada à subsistência do próprio ser humano e da coletividade. Porém, com a evolução das sociedades e do modo de produção capitalista, houve a divisão social e técnica do trabalho que transformou esse ato natural em um processo mercantil, inserindo o alimento no ambiente de trocas (Gamba, Montal, 2010, p. 16). Comer, ao longo da história, migrou de um sentido de subsistência e de um aspecto de interação social para uma nova dimensão, que é a do alimento como produto no mercado de consumo (Squeff, D´Aquino, 2022, p. 15).

Sobre o processo histórico da transformação do alimento em mercadoria:

> a restrição aos direitos de utilização dos alimentos provenientes das florestas, as guerras religiosas e as grandes crises dos cereais foram alguns dos eventos que contribuíram para o agravamento e a propagação da fome. O desapossamento dos camponeses das propriedades rurais, apropriadas por nobres e burgueses, aos poucos transformou a

> agricultura de subsistência em uma agricultura de mercado, aumentando a subnutrição entre os camponeses que representavam quase 90% da população europeia. Apenas no final do século XIX, o problema começou a ser amenizado com a adoção de novas tecnologias e formas de cultivo, aliadas à revolução nos transportes dos insumos, à produção de novos alimentos, ao desenvolvimento de técnicas de conservação e da indústria alimentar, que impulsionariam a produção e o abastecimento de alimentos. Em pouco tempo, no entanto, constrangimentos de ordem econômica limitaram o consumo alimentar dos trabalhadores ante a escassez e os altos preços praticados na comercialização dos alimentos. Os alimentos até então cultivados para a subsistência das famílias, no século seguinte, passam a ser uma mercadoria muito disputada e lucrativa. (Aguiar; Padrão, 2022, p. 127).

Por conta deste mesmo fenômeno, é que hoje enormes corporações transnacionais de alimentos, com seu marketing agressivo e minimamente regulado de produtos pouco ou nada saudáveis, são as grandes responsáveis pelo ambiente alimentar em que o consumo de produtos ultraprocessados encontra-se normalizado. Em diversos países, incluindo o Brasil, as refeições tradicionais, compostas por alimentos, e os sistemas alimentares tradicionais foram progressivamente substituídos por produtos prontos para o consumo, energeticamente densos, ricos em gorduras, açúcar ou sal, fabricados por essas corporações e vendidos no mundo todo (Lima, 2014, p.19).

De qualquer forma, o direito à alimentação, em especial, ganhou relevância e destaque após a Segunda Grande Guerra, em razão do quadro de fome e subnutrição que assolou a maior parte do mundo.

Posteriormente, reivindicado por inúmeros movimentos sociais em benefício da promoção dos direitos humanos, o direito à alimentação conseguiu a sua primeira positivação, com repercussão internacional, em 1948, pela Declaração Universal dos Direitos Humanos, quando foi incluído, de maneira bastante tímida, em seu artigo XXV, como uma das facetas de um padrão de vida adequado (Araújo, 2020, p.18). Tal disposição foi reiterada, em 1966, pelo Pacto Internacional dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (PIDESC), adotado pela Resolução 2200-A (XXI) da Assembleia Geral das Nações Unidas, em seu art. 1131, que acresceu:

> § 2. Os Estados-partes no presente Pacto, reconhecendo o direito fundamental de toda pessoa de estar protegida contra a fome, adotarão, individualmente e mediante cooperação internacional, as medidas, inclusive programas concretos, que se façam necessários para:
>
> 1. Melhorar os métodos de produção, conservação e distribuição de gêneros alimentícios pela plena utilização dos conhecimentos técnicos e científicos, pela difusão de princípios de educação nutricional e pelo aperfeiçoamento ou reforma dos regimes agrários, de maneira que se assegurem a exploração e a utilização mais eficazes dos recursos naturais.
>
> 2. Assegurar uma repartição equitativa dos recursos alimentícios mundiais em relação às necessidades, levando-se em conta os problemas tanto dos países importadores quanto dos exportadores de gêneros alimentícios.

No campo do direito humano:

> A expressão "Direito Humano à Alimentação Adequada", em uma perspectiva ampliada e internacional, tem origem no Pacto Internacional dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (PIDESC), adotado pela Assembleia Geral das Organizações das Nações Unidas (ONU) em dezembro de 1966. A inclusão do Direito Humano à Alimentação Adequada no PIDESC, após dez longos anos de sistemáticos debates, indica os conflitos para sua efetivação. O documento final demorou a encontrar consenso entre os países que participavam de sua elaboração, uma vez que diferentes atores buscavam se apropriar e atribuir sentidos diversos ao DHAA. O Pacto entra em vigor na ordem internacional apenas em janeiro de 1976 e é ratificado pelo Brasil, por meio do Decreto Legislativo n. 226, de 12 de dezembro de 1991, quase três décadas após a adoção do Pacto. (Aguiar, Padrão 2022, p. 128).

Por algumas décadas seguintes, a segurança alimentar (e não o direito à alimentação) foi a principal pauta no discurso público. Posteriormente, tal direito só voltou a receber atenção quando pesquisas realizadas na década de 1980 indicaram que a insegurança alimentar dos indivíduos era principalmente um resultado da pobreza e da falta de acesso ao alimento e não da sua disponibilidade no mercado (Paiva *et al.*, 2019, p.14).

Em 1953, concomitante à criação da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), em sua VII Sessão de Conferência, em novembro do mesmo ano, surgia o conceito de segurança alimentar. Inicialmente, o conceito continha o viés produtivista, desta forma, estava atrelado ao aumento da produtividade de alimentos e armazenamento de quantidades suficientes com o objetivo de combater a fome e a desnutrição.

Ao longo do tempo, a comunidade internacional concluiu que o aumento da produtividade no setor agrícola não era suficiente para erradicar a fome. Ficou claro que os alimentos podem estar disponíveis, mas as populações podem não ter acesso a eles; seja por falta de renda, por conflitos internos, por desvios ou por ações de monopólios corporativos (Alem *et al.*, 2015, p.18).

Após constatar que o aumento da produtividade ocorreu, principalmente após a revolução agrícola, e que a fome não se extinguiu, o conceito de segurança alimentar foi alongado para que tivesse condições de continuidade de uso em um novo momento histórico (Alem *et al.*, 2015, p.19). Sendo assim, após 1980 o conceito de segurança alimentar evolui de forma a garantir, além da produção e armazenamento, a distribuição e acesso aos alimentos, de forma a superar as limitações conceituais.

Logo depois, em 1983, foi necessária mais uma ampliação na definição de segurança alimentar, de forma que a FAO acresceu mais dois componentes: a oferta adequada e estável de alimentos. Por sua vez, nos anos 1990, o conceito de segurança passa a incluir questões de qualidade sanitária biológica, nutricional e cultural dos alimentos.

Em 1996, com a realização da Cúpula Mundial de Alimentação (Declaração de Roma sobre a Segurança Alimentar Mundial e o Plano de ação da Cúpula Mundial da Alimentação), houve a inserção de aspectos como a miséria e violência no debate da segurança alimentar, o que transformou o conceito de uma questão econômica de produtividade para uma questão de direito humano aos alimentos, relacionado com a preocupação à autodeterminação do indivíduo, a sua vida e dignidade (Di Cesare, De Oliveira, 2017, p17).

Foi também durante a Cúpula Mundial da Alimentação que o DHAA voltou a ser especificamente debatido no cenário global. Os Estados-Membros encomendaram junto ao Comitê de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais, órgão fiscalizatório do Pacto Internacional dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (PIDESC), um Comentário Geral (CG) que tivesse como objetivo elencar as principais questões relacionadas ao direito à alimentação adequada. Dessa maneira, em 1999, o Comitê explicitou o conteúdo normativo desse direito no CG nº 12 dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (Paiva *et al.*, 2019, p.14).

O Comentário Geral número 12 (ONU, 1999) visava unificar, no cenário internacional, o conceito e os elementos do direito à alimentação previstos no art. 11 do Pacto Internacional dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (ONU, 1966); identificar as questões importantes para o direito à alimentação adequada; determinar a situação prevalente nos países que se preocupam com esse direito; e, detectar os obstáculos que impedem a efetivação do seu conteúdo (Araújo, 2020, p.17).

A elaboração do Comentário Geral no 12 foi um marco importante que colaborou com a delimitação do conteúdo do DHAA e das medidas que devem ser tomadas para a sua implementação (Siqueira *et al.*, 2014, p.19). Tal documento, influenciado pelo estudo do jurista Asbjorn Eide, o primeiro relator da ONU sobre o Direito à Alimentação e que defendia a ideia de que os direitos sociais demandam prestações positivas por parte do Estado (Fernandes Farias do Val, 2019, p.13), possui contornos emblemáticos.

O comentário 12,

> esse documento transformou-se em um marco para as organizações de direitos humanos e um norte para toda a comunidade internacional. O comentário 12 insiste na necessidade e na obrigação que todos os Estados têm em "respeitar, proteger e realizar o direito". O documento coloca expressamente em seu parágrafo 15 "...sempre que um indivíduo ou grupo é incapaz, por razões além de seu controle, de usufruir do direito à alimentação adequada com recursos à sua disposição, os Estados teriam a obrigação de realizar (prover) o direito diretamente. Esta obrigação também deve existir no caso de vítimas de desastres naturais ou provocados por causas diversas". Portanto, o direito de se alimentar regularmente e adequadamente não deve ser produto da benemerência ou resultado de ações de caridade, mas sim, prioritariamente, de uma obrigação que é exercida pelo Estado que, em última análise, é a representação da nossa sociedade. Vale lembrar também que o conceito de segurança alimentar continua em aberto e também está em discussão. Mais recentemente, já se fala também em soberania e sustentabilidade alimentar. (Belik, 2003, p. 14).

Da leitura do CG n. 12, (Albuquerque, 2009, p. 897) extrai duas contribuições: i) o reconhecimento da garantia e consecução dos direitos como uma obrigação do Estado; ii) a relação do direito humano à alimentação adequada com o conceito mais amplo de segurança alimentar, pois a sua realização não é somente relacionada ao fornecimento do alimento, ostentando assim uma dimensão muito mais ampla que engloba outros direitos, especialmente quando se leva em conta que os direitos humanos são universais, indivisíveis, inalienáveis, interdependentes e inter-relacionados.

Temos, por fim, a Agenda 2030, o novo acordo pactuado pelos Estados-membros das Nações Unidas, em setembro de 2015, que traça diretrizes e metas para o processo de

desenvolvimento global para os próximos 15 anos, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas. Dentre os 17 objetivos, um deles se refere especificamente a SAN (ODS 2) e outro específico à Saúde (ODS 3), que se interrelacionam com o objetivo específico da segurança alimentar. Acerca do tema:

> talvez não seja coincidência que os dois ODS sejam consecutivos na Agenda, uma vez que têm fortes relações causais. São oito metas para o ODS SAN, duas que se referem à fome e a desnutrição e seis mais diretamente relacionadas à produção e comercialização de alimentos. Três das metas do ODS Saúde se referem ainda às três metas da agenda dos ODM (redução da mortalidade infantil; melhoria da saúde materna; combate ao HIV-AIDS, malária e tuberculose) e as outras seis a: doenças não-transmissíveis e promoção da saúde mental e bem-estar; prevenção e tratamento do abuso de substâncias aditivas e álcool; acidentes de trânsito; saúde sexual e reprodutiva; cobertura universal de saúde, incluindo o acesso a medicamentos e vacinas; e saúde ambiental. Impossível admitir que este conjunto de metas fragmentadas possa, per si, realizar os objetivos amplos de 'acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição, e promover a agricultura sustentável' e 'assegurar vidas saudáveis e bem-estar para todos em todas as idades'. A leitura das metas traçadas para os dois objetivos (SAN e Saúde) mostra que a maioria delas refere à saúde individual (desnutrição) e a expressão biológica tanto da saúde quanto da desnutrição. Ora, já há muito tempo se reconhece a importância da dimensão coletiva tanto da saúde quanto da nutrição e a necessidade do enfrentamento dos seus determinantes sociais, econômicos e ambientais por meio de ações intersetoriais promotoras da equidade social e sanitária, para o alcance de um ODS Saúde e um ODS SAN, como os propostos na Agenda 2030. A dimensão 'determinantes sociais da saúde e da SAN' justifica um exame mais detalhado da relação entre todos os ODS e as metas da saúde e da SAN. Podemos observar que muitos ODS contêm metas relacionadas com saúde e SAN, pois tocam, entre outros assuntos, no desenvolvimento infantil, na questão de gênero, acesso à água de qualidade e saneamento, prevenção de desastres naturais e violência, poluições do ar, do solo e da água e suas influências sobre a saúde e a produção de alimentos. (Fonseca, 2016, p. 24).

Ante o exposto, no cenário mundial, sobre a origem e evolução do direito humano à alimentação adequada e da concepção de segurança alimentar e nutricional, torna-se relevante abordar os temas de segurança alimentar e nutricional.

3. O DIREITO HUMANO À ALIMENTAÇÃO ADEQUADA E A CONCEPÇÃO DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

No contexto brasileiro, o direito à alimentação foi previsto expressamente como direito fundamental social por meio da Emenda Constitucional n. 64/2010. O art. 6.º da Constituição Federal de 1988, com a nova redação dada pela referida emenda, passou a dispor que: "são direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, (...)".

Segundo (Thomas, Pinheiro 2012, p.14), o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA) conduziu a campanha nacional pela inclusão da alimentação na CF/88 e obteve o apoio e a participação de entidades civis, movimentos sociais, órgãos

públicos, empresas, organizações não governamentais, personalidades e do povo. Segundo os autores, três audiências públicas foram realizadas com a participação de especialistas na área de alimentação, nutrição, saúde pública e direitos humanos, objetivando a aprovação da Emenda Constitucional nº 64.

Apesar da nova disposição constitucional ter sido adicionada tardiamente, diversas outras normas presentes no ordenamento jurídico brasileiro, especialmente na própria Constituição, já faziam referência ao direito à alimentação como direito fundamental constante na ordem normativa nacional, conforme consta no quadro 1.

Quadro 1 – Referências ao direito humano à alimentação – CF/1988

Art. 1º, inciso III	dispõe sobre a dignidade da pessoa humana e refere-se ao direito à alimentação de forma indireta
Arts. 3º, 23, inciso X e 225	Ao referenciar sobre o direito à alimentação, de forma indireta ao promove o combate à pobreza e defende uma sadia qualidade de vida
Art. 7º, inciso IV	Afirma serem direitos "dos trabalhadores urbanos e rurais (...) VI – salário mínimo, fixado em lei, nacionalmente unificado, capaz de atender as suas necessidades vitais e básicas e às de sua família com moradia, alimentação, educação, (...)"
Art. 208	Define como dever do Estado a garantia do "atendimento ao educando, no ensino fundamental através de programas suplementares de material didático-escolar, transporte, alimentação e assistência à saúde"
Art. 227	É dever da família, do Estado e da sociedade assegurar, com prioridade, o direito à alimentação à criança, ao adolescente e ao jovem

Fonte: (Di Cesare, De Oliveira, 2017, p.18).

Antes mesmo da Emenda Constitucional n. 64/2010, a República Federativa do Brasil, pressionada e pautada justamente por pactos, tratados e compromissos internacionais, realizou diversos eventos e programas e aprovou uma série de instrumentos e políticas, nas quatro últimas décadas, na perspectiva de garantir o DHAA e que acabaram promovendo a formulação de programas e a aprovação de leis com a definição de estratégias para a garantia da segurança alimentar e nutricional e a realização progressiva do mencionado direito (Aguiar, Padrão, 2022, p.17).

Desde a primeira metade do século XX, o país tem investido na construção de instrumentos e programas que repercutem positivamente nas condições da alimentação e nutrição dos brasileiros, como a fixação do salário mínimo em 1936, programas de abastecimento, alimentação escolar, refeitórios para trabalhadores nos anos 1950 e programas de suplementação alimentar nos anos 1970 (Nascimento; Andrade, 2010, p.16).

Com relação especificamente ao salário mínimo, ele garantiu o acesso a uma cesta básica de 12 alimentos, cobrindo as recomendações mínimas de calorias, proteínas, sais minerais e vitaminas, e constitui um precedente histórico em toda a América Latina e em quase todos os países do mundo, representando uma antecipação dos atributos que definiriam mais tarde a segurança alimentar e nutricional no século XXI (Nascimento; Andrade, 2010, p.17).

Entre as décadas de 1950 e 1970, já se discutia muito sobre alimentação e nutrição. As principais temáticas gravitavam em torno de questões como desnutrição, suplementação alimentar, carências nutricionais, aleitamento materno, alimentação escolar e do trabalhador e, educação nutricional. Nesse período, que vai do Governo Vargas até a Ditadura Militar, as expressões "alimentação saudável" ou "alimentação adequada" não eram tecnicamente adotadas nem sequer mencionadas, sendo o foco principal do debate os gravíssimos quadros de insegurança alimentar que assolavam o país (Paiva *et al.*, 2019, p.18).

Em 1986, durante a 8ª Conferência Nacional de Saúde (CNS) foi elaborado o relatório da I Conferência Nacional de Alimentação e Nutrição, o qual mesmo sem as expressões "alimentação saudável" ou "alimentação adequada", acabou ampliando o debate sobre as questões alimentares e nutricionais no Brasil. Introduziu temáticas como, reforma sanitária e reforma agrária, segurança alimentar e fome, Sistema Único de Saúde (SUS) e Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (SISVAN), direcionando o debate para questões atinentes à produção e à segurança dos alimentos (Paiva *et al.*, 2019, p.18).

Na década de 1990, o relatório final da I Conferência Nacional de Segurança Alimentar (CNSA); a publicação do CONSEA sobre a I CNSA (1995) e a Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN) foram documentos que inauguraram o termo "saudável", justamente, para caracterizar e definir práticas alimentares, dieta e estilos de vida. Iniciaram o debate acerca das diretrizes do que seria uma alimentação nutricionalmente balanceada e saudável (Paiva *et al.*, 2019, p.18). Somente a partir da III CNSAN, é que os documentos relacionados ao tema de SAN passaram a utilizar a expressão "alimentação adequada e saudável", com destaque para os seguintes documentos: a PNSAN (2010), o Relatório final da IV CNSAN (2011), o Relatório final da V CNSAN (2015), o I PLANSAN (2012-2015) e o II PLANSAN (Paiva *et al.*, 2019, p.18).

Em 1993, com a criação do Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA), a segurança alimentar começou a ser tratado como assunto de governo e de também de justiça social. No mesmo ano, foi elaborado o Mapa da Fome pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Malgrado as conquistas obtidas, a luta pelos direitos alimentares enfrentou seu primeiro grande retrocesso, com a extinção do CONSEA em 1995 (Lopes, Matias, 2022, p.18).

Em 1999, no Ministério da Saúde, o DHAA foi incluído como princípio norteador na PNAN. A SAN foi novamente impulsionada com a criação do Programa Fome Zero e a reativação, em 2003, do CONSEA, o qual foi extinto novamente pela Medida Provisória nº 870/2019 e reativado novamente pela Medida Provisória n 1.154/2023. A importância do Conselho estava justamente na sua composição heterogênea, com 38 representantes da sociedade civil e 19 ministros de Estado, e na sua atribuição institucional de elaborar propostas e de monitorar iniciativas públicas de SAN, incluindo as ações de regulação (Lopes, Matias, 2022, p.17).

Em 2005 teve início um complexo e intricado processo de discussão que promoveu a formulação de programas e a aprovação de leis definindo estratégias para a realização progressiva do direito à alimentação. Sendo assim, em meio à construção do direito à alimentação no Brasil, o ano de 2006 destacou-se pela publicação da Lei nº 11.346, conhecida popularmente como Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (LOSAN). O art. 1º, da LOSAN, estabelece, além de princípios, diretrizes e objetivos, a composição do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN), importante mecanismo por meio do qual o poder público, juntamente com a sociedade

civil, assume a responsabilidade de formular e implementar políticas, planos, programas e ações a fim de assegurar o direito humano à alimentação, orientada por estratégias de segurança alimentar e nutricional (Araújo, 2020, p.17).

O art. 2º da LOSAN estabelece a primordial noção de direito humano à alimentação adequada, definindo-o como um direito fundamental, inerente à dignidade humana e indispensável à efetivação dos demais direitos. No *caput* do artigo, a norma impõe ao poder público o dever de adotar políticas e ações necessárias à promoção, garantia e fiscalização da segurança alimentar e nutricional da população, ressaltando, no §1º, que os referidos programas devem levar em conta as circunstâncias ambientais, culturais, econômicos, regionais e sociais de cada região do país.

O art. 3º da referida Lei, veicula o famigerado conceito de SAN, utilizado no Brasil, o qual é oriundo das conferências nacionais de segurança alimentar e produto da mobilização de organizações da sociedade civil. De acordo com o texto legal, a SAN é conceituada como a realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades básicas, tendo como base as práticas alimentares promotoras da saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam social, econômica e ambientalmente sustentáveis (Albuquerque, 2009, p. 15).

Por fim, além do Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PLANSAN), elaborado pelo Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário e pela Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional (CAISAN), que representa o principal instrumento de planejamento, gestão e execução da Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNSAN), um dos mais importantes documentos estratégicos para a definição e promoção da alimentação adequada é o Guia Alimentar para a População Brasileira (GAPB).

> O GAPB é um documento oficial que aborda os princípios e as recomendações de uma alimentação adequada e saudável, configurando-se em um instrumento de apoio às ações de Educação Alimentar e Nutricional (EAN) no Sistema Único de Saúde (SUS) e em outros setores. Ele constitui uma das principais estratégias para a implementação da diretriz de Promoção da Alimentação Adequada e Saudável (PAAS), que integra a Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN), e contribui para o desenvolvimento de planos para promoção e efetivação do Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA), pois toma como alicerce o conceito de segurança alimentar e nutricional (SAN). Este garante o acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, respaldado em práticas alimentares que promovam a saúde, respeitem a diversidade cultural e sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis. (Ambrossi, Grisotti, 2022, p. 4245).

No Brasil, tendo como base os princípios e as orientações do Guia, o direito à alimentação deve ser entendido como sendo a representação de uma proteção universal a uma alimentação baseada especialmente em alimentos *in natura* ou minimamente processados, saudáveis e nutritivos. Tal alimentação deve vislumbrar a disponibilidade de alimentos sustentáveis, a regularidade do consumo, o ambiente apropriado para a produção, o tempo a ser dedicado, a cultura culinária de cada região do país e o prazer decorrente do ato de comer adequadamente (Araújo, 2020, p.18).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O direito à alimentação deve ser entendido como o direito de cada indivíduo à alimentação adequada, a qual deve levar em conta um conjunto de elementos que garantam o suporte material, econômico e social para uma alimentação adequada, suficiente, segura e nutritiva, bem como, as características nutricionais individuais que requeiram tratamentos nutricionais especiais e as características culturais de cada região do país.

A alimentação adequada é um direito humano fundamental, inerente à dignidade da pessoa humana e vital para a efetivação dos direitos constitucionais, devendo o poder público adotar políticas e medidas necessárias à promoção e garantia da alimentação e nutrição, preservando a segurança da população. O direito à alimentação, como outros direitos sociais, opera por meio de políticas públicas. O desenvolvimento dessas políticas e a alocação de recursos orçamentários adequados são fundamentais para o efetivo exercício desse direito pelo poder público.

Com a organização e os investimentos adequados, o Brasil obteve bons resultados e conseguiu combater a fome, o que permitiu sair do Mapa da Fome em 2014. Mesmo com os inúmeros movimentos sociais, políticos e jurídicos conduzidos nas três últimas décadas voltados para a construção do DHAA no país, cortes e rearranjos institucionais inadequados e mal pensados, somados à crise econômica agravada pela pandemia de Covid-19, ocasionaram um recrudescimento da insegurança alimentar no país, conduzindo o país novamente ao Mapa da Fome, mesmo com um setor de produção agrícola pujante e recordista em produção.

O tema do presente trabalho é de particular importância para estudiosos e profissionais de diversos campos do conhecimento, como saúde, ciências sociais, agrárias, econômicas, administração e direito. No cenário brasileiro de crescente insegurança alimentar, os gestores públicos e institucionais, os representantes dos três poderes, os estudiosos e profissionais de diversas áreas e a população em geral devem novamente conjugar esforços e definir estratégias e políticas públicas assertivas capazes de garantir o DHAA nos termos definidos em atos normativos nacionais e internacionais.

REFERÊNCIAS

[1] II Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da COVID-19 no Brasil [livro eletrônico]: **II VIGISAN: relatório final/Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar – PENSSAN**. -- São Paulo, SP: Fundação Friedrich Ebert : Rede PENSSAN, 2022. (Análise; 1) PDF

[2] AGUIAR, Odaleia Barbosa de e PADRÃO, Susana Moreira. Direito humano à alimentação adequada: fome, desigualdade e pobreza como obstáculos para garantir direitos sociais. **Serviço Social & Sociedade** [online]. 2022, n. 143 [Acessado 6 Janeiro 2023], pp. 121-139. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0101-6628.274>.

[3] ALBUQUERQUE, Maria de Fátima Machado de. A segurança alimentar e nutricional e o uso da abordagem de direitos humanos no desenho das políticas públicas para combater a fome e a pobreza. **Revista de Nutrição**, v. 22, p. 895-903, 2009.

[4] ALEM, Daniel et al. Segurança alimentar e soberania alimentar: construção e desenvolvimento de atributos. **XX Encontro Nacional de Economia Política**, 2015.

[5] ALMEIDA, Carlos Alberto Policiano e FERNANDES, Geórgia de Castro. "A importância do porcionamento na alimentação balanceada. **International Journal of Nutrology** 04 (2011): 018-023.

[6] AMBROSI, Claudia e GRISOTTI, Márcia. O Guia Alimentar para População Brasileira (GAPB): uma análise à luz da teoria social**. Ciência & Saúde Coletiva [online]**. 2022, v. 27, n. 11, pp. 4243-4251.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-812320222711.06552022.

[7] BELIK, Walter. Perspectivas para segurança alimentar e nutricional no Brasil. **Saúde e sociedade**, v. 12, n. 1, p. 12-20, 2003.

[8] BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituição/Emendas/Emc/emc86.htm.

[9] BRASIL. Decreto nº 7.272, de 25 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional**. 2010b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7272.htm.

[10] BRASIL. **Guia alimentar para a população brasileira:** promovendo a alimentação saudável. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

[11] BRASIL. Lei 11.346, de 15 de setembro de 2006. **Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional** (LOSAN). 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11346.htm.

[12] CASTRO, Inês Rugani Ribeiro de. Challenges and perspectives for the promotion of adequate and healthy food in Brazil. **Cadernos de Saúde Pública** [online]. 2015, v. 31, n. 1, pp. 07-09. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311XPE010115>.

[13] DI CESARE, Paula Paschoal; DE OLIVEIRA, Solange. 3. Os direitos à educação e à alimentação adequada como determinantes sociais da saúde. **Revista de Direito**, v. 2017, p. 03-14, 2017.

[14] FERNANDES FARIAS DO VAL, Danielle. O direito à informação como um requisito para a satisfação do direito à alimentação adequada. **Direito em Movimento**, [S.l.], v. 17, n. 1, p. 200-231, jun. 2019. ISSN 2238-7110. Disponível em: <https://emerj.jus.br/ojs/seer/index.php/direitoemmovimento/article/view/108>.

[15] FONSECA, Luiz Eduardo. **A saúde, a segurança alimentar e nutricional e os ODS 2030**. 2016.

[16] FONTOLAN, Maria Vitória; FERRAREZE, Rafael Bozzo; SIGNOR , Altevir; LIMA, Romilda de Souza. ODS 2: fome zero e agricultura sustentável no contexto rural. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, SP, v. 29, n. 00, p. e022004, 2022. DOI: 10.20396/san. v29i00.8665666. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8665666.

[17] GAMBA, Juliana Caravieri Martins; MONTAL, Zélia Maria Cardoso. O direito humano à alimentação adequada: revisitando o pensamento de Josué de Castro. **Revista Jurídica da Presidência**, v. 11, n. 95, p. 52-81, 2010.

[18] GUERRA, Lúcia Dias da Silva. ComiDHAA de verdade para todos: desafios para a efetivação do direito humano à alimentação adequada no cenário de crises no Brasil. **Saúde e Sociedade** [online]. 2022, v. 31, n. 2], e210370pt. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-12902022210370pt>.

[19] GUERRA, Lúcia Dias da Silva, CERVATO-MANCUSO, Ana Maria e BEZERRA, Aída Couto Dinucci. Alimentação: um direito humano em disputa - focos temáticos para compreensão e atuação em segurança alimentar e nutricional. **Ciência & Saúde Coletiva** [online]. 2019, v. 24, n. 9, pp. 3369-3394. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232018249.20302017>.

[20] LIMA, Francine Cruz de Cerqueira. **Comunicação na promoção da alimentação saudável via rótulos:** uma análise dos discursos. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

[21] LOPES, Érica Valente; MATIAS, João Luís Nogueira. As más escolhas alimentares como impedimento à efetivação do direito humano à alimentação adequada. **Revista de**

[22] MALUF, Renato S. Segurança alimentar e fome no Brasil–10 anos da Cúpula Mundial de Alimentação. **Ceresan, Relatórios Técnicos**, n. 2, 2006.

[23] NASCIMENTO, Amália Leonel; ANDRADE, Sonia Lúcia L. Sousa de. Segurança alimentar e nutricional: pressupostos para uma nova cidadania? **Cienc. Cult**., São Paulo , v. 62, n. 4, p. 34-38, Oct. 2010 . <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000400012&lng=en&nrm=iso>.

[24] OLIVEIRA, Annieli de Fátima. de Fátima.; DIAS, Ana. Débora. Cordeiro.; ARAÚJO, Débora. Gomes. de Sousa.; SILVA, Edvânia. Medeiros. da; SILVA, Ian. Marlon. Farias. e; GOMES, Lívia. Morgana. de Freitas. A

importância da alimentação saudável e estado nutricional adequado frente a pandemia de Covid-19 / The importance of healthy eating and adequate nutritional status in the face of the Covid-19 pandemic. **Brazilian Journal of Development**, *[S. l.]*, v. 6, n. 9, p. 66464–66473, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n9-181. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/16336. Acesso em: 3 jan. 2023.

[25] PAIVA, Janaína Braga de et al. A confluência entre o "adequado" e o "saudável": análise da instituição da noção de alimentação adequada e saudável nas políticas públicas do Brasil. **Cadernos de Saúde** Pública [online]. 2019, v. 35, n. 8, e00250318. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00250318>.

[26] United Nations. CESCR General Comment n. 12: **The Right To Adequate Food** (Art. 11). Adopted at the Twentieth Session of the Committee on Economic, Social and Cultural Rights, on 12 May, 1999. New York: United Nations; 1999.

Capítulo 2

A renda não agrícola na agricultura familiar: um estudo de caso da Associação de Mulheres Quilombolas do Capão, município de Presidente Juscelino-MG

Adriane Caldeira Batista Oliveira
Daniel Ferreira da Silva
Tamir Fernandes Oliveira
Edilson Almeida

Resumo: O presente estudo constitui uma análise da renda não agrícola para a composição do orçamento familiar na Comunidade Quilombola do Capão e regiões adjacentes, localizadas no município de Presidente Juscelino, Minas Gerais. As rendas oriundas de atividades externas à agricultura, bem como os benefícios governamentais, especialmente aposentadorias, desempenham um papel essencial no sustento financeiro das famílias, contribuindo ainda para a mitigação do êxodo rural. Como metodologia, foi adotada o estudo de caso e a Análise-Diagnóstico de Sistemas Agrários (ADSA), procedendo-se à aplicação de questionários em entrevistas com os moradores, em conformidade com as normas éticas da pesquisa científica. Os resultados demonstraram que a renda não agrícola, particularmente a recebida por meio das aposentadorias, constitui a principal fonte de manutenção financeira das famílias da comunidade estudada. Além disso, o trabalho ressaltou a importância da Associação de Mulheres na promoção de atividades econômicas e culturais, o que tem se mostrado fundamental para o fortalecimento da resiliência comunitária. Contudo, tendo em vista seu caráter exploratório, o estudo apresenta lacunas que poderão ser estudadas em pesquisas futuras, indicando a necessidade de investigações mais aprofundadas acerca da relação entre renda não agrícola e a promoção do desenvolvimento rural sustentável.

Palavras-chave: Análise-diagnóstico, aposentadoria, auxílios governamentais, desenvolvimento rural.

1. INTRODUÇÃO

A expansão das atividades rurais não agrícolas (RNA) tem se consolidado como um elemento central no atual desenvolvimento da economia rural, criando novas oportunidades de trabalho para a população do campo. Além disso, essas atividades oferecem alternativas com rendimentos superiores aos obtidos nas atividades agrícolas, passando a ocupar um papel crescente na composição da renda no meio rural. Embora esse fenômeno tenha sido mais explorado em países desenvolvidos, também é percebido com clareza em países em desenvolvimento (Reardon, 1999).

No Brasil, a relevância da renda não agrícola vem se intensificando progressivamente, destacando-se por sua contribuição ao desenvolvimento sustentável, à criação de empregos, à geração de renda, à segurança alimentar e ao avanço econômico do país. Nas últimas décadas, o cenário do trabalho rural passou por mudanças significativas. Enquanto as ocupações agrícolas apresentaram declínio, a participação das atividades não agrícolas cresceu substancialmente entre as décadas de 1990 e 2000. Essa transição reflete a crescente importância dessas atividades na composição da renda das famílias rurais (Mattei, 2007; Nascimento, 2008; Silva, 2010; Schneider *et al.*, 2013; Cardoso, 2013 *apud* Sakamoto *et al.*, 2016).

O surgimento de novas oportunidades de trabalho em áreas rurais, combinado ao aprimoramento do transporte e à maior integração com as áreas urbanas, trouxe facilidades para que trabalhadores rurais ingressassem em atividades não agrícolas. Silva (2010) observa que, nas propriedades agropecuárias brasileiras, a execução das tarefas agrícolas tem ficado cada vez mais restrita a um ou poucos membros da família, geralmente o pai e um dos filhos. Por outro lado, verifica-se uma participação crescente de outros integrantes familiares em ocupações não agrícolas.

Essas mudanças na estrutura do trabalho no meio rural são fundamentais para compreender a evolução da renda familiar e as implicações socioeconômicas para as comunidades rurais. A ascensão das atividades não agrícolas no orçamento doméstico levanta questionamentos sobre os fatores que levam uma família a optar por atividades agrícolas, pluriativas ou exclusivamente não agrícolas. Aspectos internos, como escolaridade e idade dos membros da família, além de fatores externos, como o desenvolvimento da comunidade local, influenciam diretamente essa escolha. Pesquisadores como Chayanov (1985) e Cardoso (2013) enfatizam a complexidade dessas interações e seus impactos na renda e sustentabilidade das famílias rurais. Nesse contexto, o desenvolvimento rural amplia transformações técnicas, ecológicas, econômicas e sociais. A compreensão das dinâmicas históricas desses ambientes é essencial para delinear políticas que antevejam tendências futuras. Dufumier (1996), citado por Simões (2010), ressalta a importância de estudar essas transformações para fortalecer estratégias de desenvolvimento territorial.

Diante desse panorama, este estudo de caso tem como objetivo analisar a dinâmica da renda não agrícola em comunidades rurais utilizando o método de Análise-Diagnóstico de Sistemas Agrários (ADSA). A pesquisa será conduzida no município de Presidente Juscelino, em Minas Gerais, tendo como foco as comunidades vinculadas à Associação de Mulheres Quilombolas do Capão e Adjacentes.

2. JUSTIFICATIVA

Para compreender melhor a dinâmica econômica e social das comunidades rurais, torna-se cada vez mais relevante analisar o papel da renda não agrícola na composição do orçamento familiar. Esse tema ganha ainda mais destaque em casos específicos, como o da Associação de Mulheres Quilombolas do Capão e Adjacentes, localizada no município de Presidente Juscelino, MG. A diversificação das fontes de renda é essencial para promover a sustentabilidade econômica e melhorar as condições de vida em contextos na qual a agricultura tem sido, historicamente, a principal atividade de subsistência.

O estudo da diversificação da renda em áreas rurais oferece uma perspectiva mais ampla sobre como as receitas não agrícolas podem contribuir para aumentar a resiliência econômica das famílias e sua capacidade de adaptação diante dos impactos das mudanças climáticas e das oscilações do mercado agrícola. Esse enfoque se torna particularmente relevante em comunidades como a Associação de Mulheres Quilombolas, que enfrentam desafios únicos relacionados à desigualdade social e econômica.

A avaliação do papel desempenhado pela renda não agrícola nessas comunidades permite entender melhor as estratégias empregadas para promover equidade social, elevar a qualidade de vida e assegurar que essas famílias permaneçam em seus territórios rurais. Os resultados obtidos podem servir para revelar como o fortalecimento econômico dessas famílias reflete diretamente na sustentabilidade dessas comunidades, além de demonstrar a influência positiva da diversificação na manutenção da vida rural.

Nesse contexto, este estudo não se justifica apenas pela necessidade de reduzir as lacunas existentes na literatura sobre agricultura familiar e renda não agrícola, mas também pela importância prática de suas descobertas. Elas podem fundamentar a formulação de estratégias voltadas à melhoria das condições sociais e econômicas nas comunidades rurais de Presidente Juscelino, MG. Paralelamente, tais resultados podem subsidiar a atuação do poder público na criação de políticas que incentivem o fortalecimento da agricultura familiar e contribuam para a redução do êxodo rural.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada no presente estudo é caracterizada como um estudo de caso, com a aplicação da ferramenta Análise-Diagnóstico de Sistemas Agrários (ADSA), proposta por Mazoyer e Roudart (2010). Esse método orienta a investigação a partir de uma perspectiva histórica, permitindo a interpretação das dinâmicas agrícolas e suas inter-relações com o meio ambiente e a sociedade.

O estudo de caso consiste em um modelo investigativo baseado na análise de dados reais, voltado para a exploração e descrição de eventos ou fenômenos específicos. Essa abordagem possibilita a obtenção de informações detalhadas sobre um número reduzido de objetos de pesquisa, que pode abranger uma única unidade de análise. Tal metodologia pode ser classificada em três principais categorias: exploratória, explicativa e descritiva, cuja seleção é determinada pelos objetivos específicos do estudo. Pesquisas exploratórias destinam-se à compreensão de fenômenos pouco investigados; pesquisas explicativas têm o intuito de identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, elucidando assim suas causas; enquanto as pesquisas descritivas concentram-se na caracterização detalhada de determinada população ou fenômeno, conforme apontam Branski, Franco e Lima Júnior (2010).

No contexto deste estudo, busca-se analisar o papel da renda não agrícola na composição familiar, posicionando-o como uma pesquisa de natureza descritiva e exploratória. A investigação será conduzida em nível regional, considerando o município de Presidente Juscelino, no estado de Minas Gerais (MG), e em nível microrregional, abrangendo especificamente as comunidades atendidas pela Associação de Mulheres Quilombolas e Adjacentes. Esta abordagem permitirá compreender o reordenamento das categorias de produtores rurais, com ênfase especial na renda não agrícola, bem como identificar os principais produtos agrícolas da região e caracterizar os distintos tipos de agricultores.

A obtenção de informações, no ano de 2024, foi facilitada pelo uso do método de ADSA, por meio da aplicação de um questionário estruturado, com roteiro previamente estabelecido para entrevistas. O trabalho de campo será realizado diretamente com os moradores da comunidade do Capão. Para a coleta dos dados, buscou-se o apoio de informantes-chave e agricultores locais, sendo que a principal fonte primária consistirá nos dados obtidos por meio das entrevistas. Cabe ainda ressaltar que todos os participantes formalizaram consentimento mediante assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, enquanto a pesquisadora assinou termo de confidencialidade como garantia ética do estudo.

Adicionalmente, para fundamentar a análise da situação investigada, utilizaram-se fontes secundárias, incluindo artigos acadêmicos, livros, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e outras referências relevantes. No total, foram entrevistadas 30 famílias residentes na Comunidade Quilombola e em áreas adjacentes, assegurando assim um panorama representativo.

Todos os participantes receberam informações detalhadas sobre os objetivos do estudo, os métodos empregados e os possíveis riscos e benefícios envolvidos. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Confidencialidade foram apresentados individualmente, garantindo que a participação ocorresse de forma voluntária e consciente.

Medidas específicas foram adotadas para preservar a identidade e os dados pessoais dos participantes, assegurando que nenhuma informação fosse divulgada sem prévia autorização. Os participantes também foram informados sobre sua liberdade de optar por não participar ou de se retirar da pesquisa a qualquer momento, sem sofrer qualquer tipo de retaliação ou prejuízo.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. RENDA NÃO AGRÍCOLA

A renda não agrícola corresponde aos ganhos obtidos fora das atividades tradicionais do meio rural, englobando setores como comércio, empregos formais e informais, turismo, programas de auxílio governamental ou mesmo aposentadorias (Neder, 2004). As razões que levam as famílias a buscarem essas alternativas são diversas. Em países subdesenvolvidos, por exemplo, essa diversificação da renda é frequentemente uma estratégia para garantir segurança alimentar, lidar com adversidades climáticas, superar o limitado acesso ao crédito e enfrentar a escassez de oportunidades no comércio local (Balense; Debebe, 2019; Adare; Waje, 2021). Para membros de famílias agrícolas, a entrada no mercado de trabalho não agrícola é motivada por fatores como a busca de rendimentos mais elevados, a incerteza associada à atividade no campo e a tentativa de reduzir as flutuações na receita anual (Reardon; Berdegué; Escobar, 2001).

No Brasil, as atividades não agrícolas vêm desempenhando um papel crescente desde a década de 1980, especialmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (Silva; Grossi, 2001). Esse aumento está associado à urbanização progressiva dos espaços rurais, que tem reduzido o número de famílias exclusivamente agrícolas e estimulado o surgimento de unidades pluriativas (Bezerra; Nascimento; Maia, 2021; Sakamoto; Nascimento; Maia, 2016).

O turismo rural é uma dessas atividades que vêm ganhando destaque como fonte de renda não agrícola. No Sul do Brasil, opções como o turismo pedagógico têm se consolidado como complementares à agricultura. Essa modalidade permite que as práticas rurais sejam compreendidas e valorizadas culturalmente, além de oferecer uma fonte de receita alternativa aos pequenos agricultores (Henzel; Anjos; Guarino, 2024).

Outra iniciativa crescente no meio rural é o artesanato, visto por muitas famílias como uma oportunidade de gerar renda sem abandonar o campo. A produção artesanal tem se destacado como uma ferramenta para o desenvolvimento econômico local e a criação de empregos. Amplamente vinculada ao turismo rural, essa atividade promove a valorização cultural e o fortalecimento do desenvolvimento sustentável nas zonas rurais (Bellver *et al.*, 2023).

As iniciativas não agrícolas têm se mostrado fundamentais para a geração de emprego e renda nas áreas rurais e, em muitos casos, constituem a única fonte de sustento em regiões mais vulneráveis. Elas desempenham um papel essencial na melhoria das condições de vida das famílias rurais (Davis, 2003).

A diversidade socioeconômica das áreas rurais contribui para que muitas famílias combinem atividades agrícolas com opções não agrícolas, evidenciando que o sustento dessas comunidades depende cada vez mais de múltiplas fontes de renda. Essa realidade ressalta a necessidade de compreender as especificidades regionais e as distintas configurações socioeconômicas do meio rural (Bezerra; Nascimento; Maia, 2021).

Diversos autores apontam a importância de incorporar as atividades não agrícolas às políticas sociais voltadas para famílias de baixa renda. Eles destacam que tais atividades podem ser uma estratégia eficaz para mitigar situações de vulnerabilidade extrema (Neder; Silva, 2004).

4.2. ANÁLISE-DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS AGRÁRIOS (ADSA)

A Análise-Diagnóstico dos Sistemas Agrários (ADSA) constitui uma metodologia fundamentada nos princípios do enfoque sistêmico, utilizada para caracterizar e compreender as dinâmicas de países, regiões, municípios ou localidades rurais. Essa abordagem metodológica possibilita a descrição detalhada de uma realidade agrária a partir da identificação dos mecanismos internos que influenciam e sustentam o contexto analisado. Assim, a ADSA proporciona uma compreensão aprofundada sobre as estruturas e processos que moldam o funcionamento e a preservação dos sistemas agrários (Neumann; Fialho, 2009).

No campo da análise agrária, torna-se essencial evitar a dispersão em detalhes iniciais, priorizando rapidamente os fenômenos e problemas gerais. Nem todos os aspectos necessitam de estudo minucioso em um primeiro momento, sendo recomendada uma abordagem analítica em etapas sucessivas. Inicia-se com níveis mais amplos e abrangentes, como o contexto global, nacional ou regional, avançando gradativamente

para níveis mais específicos, tais como unidades produtivas individuais, parcelas de cultivo ou rebanhos (Dufumier, 2010).

No Vietnã, por exemplo, essa metodologia foi aplicada para compreender a evolução do setor agrário entre 1980 e 2010. Por meio desse estudo, foi possível analisar a forma como os agricultores se adaptaram às transformações socioeconômicas e institucionais, promovendo uma diversificação no uso da terra (Hanh *et al.*, 2016). Em outro caso, a aplicação do método ADSA permitiu identificar a heterogeneidade presente na agricultura familiar e os principais fatores associados a essa diversidade (Moreira *et al.*, 2019).

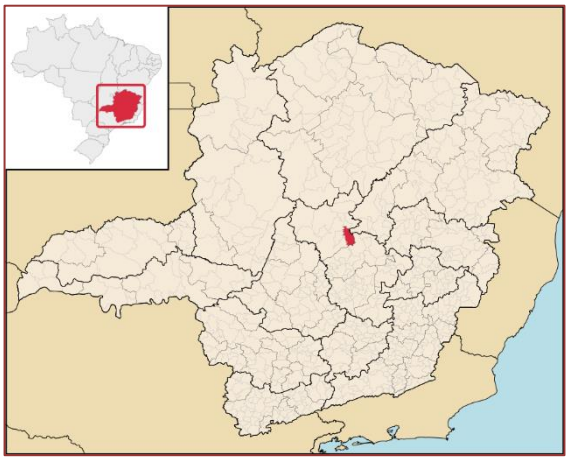
Dessa maneira, a Análise-Diagnóstico dos Sistemas Agrários (ADSA) apresenta-se como uma ferramenta metodológica robusta para compreender as complexas dinâmicas do meio rural. Ao proporcionar uma visão estruturada e progressiva das inter-relações que configuram os sistemas agrários, a metodologia contribui significativamente para estudos e intervenções no campo rural (Neumann; Fialho, 2010).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ADSA – ESCALA REGIONAL: PRESIDENTE JUSCELINO-MG

O município de Presidente Juscelino, localizado em Minas Gerais, integra a Mesorregião Central Mineira e a Microrregião de Curvelo, como ilustrado na Figura 01. Situa-se na latitude 18º38'14" sul e longitude 44º03'30" oeste, a uma altitude média de 596 metros. A história da região está intimamente ligada ao seu principal patrimônio natural, o Rio Paraúna. A emancipação de Presidente Juscelino ocorreu em 1962, desmembrando-o de Curvelo-MG (Prefeitura Municipal, 2024; IBGE 2022).

Figura 01: Mapa com localização do município de Presidente Juscelino-MG



Fonte: Adaptado de Raphael Lorenzeto de Abreu (2024).

Segundo informações do IBGE em 2022, a população estimada era de 3.465 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 4,98 habitantes por quilômetro quadrado. A área do município totalizava 695,882 km².

5.1.1. HISTÓRICO

O município de Presidente Juscelino, em Minas Gerais, teve sua origem como Arraial dos Ranchos, nome que refletia a intensa presença de tropeiros que descansavam às margens do Rio Paraúna. Em um momento posterior, adotou a designação de São Sebastião do Paraúna, em referência ao santo São Sebastião, sendo simplificado mais tarde apenas para Paraúna, conforme explicado por Dumbá (2023).

A atividade mineradora exerceu grande influência na região, o que impulsionou também o desenvolvimento da agricultura, destacando-se especialmente a produção de mandioca destinada à fabricação de farinha. Para essas atividades, a força de trabalho utilizada era predominantemente formada por pessoas escravizadas (Dumbá, 2023).

Sob a liderança do coronel Domingos Diniz no distrito, foi registrado o primeiro marco significativo de progresso: a construção de uma ponte sobre o Rio Paraúna, conectando o distrito ao município vizinho de Gouveia. Após essa obra, o distrito recebeu o novo nome de Ponte do Paraúna (Dumbá, 2023).

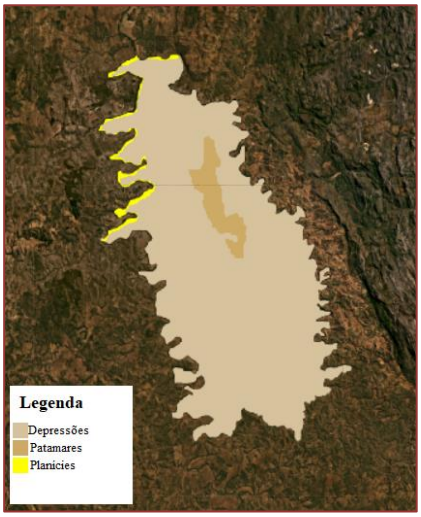
Em 1962, o município conquistou sua emancipação administrativa de Curvelo por meio da Lei Estadual nº 2.764, datada de 30 de dezembro daquele ano, passando a se chamar Presidente Juscelino como homenagem ao ex-presidente Juscelino Kubitschek de Oliveira. Localizado às margens da BR-259, entre Diamantina e Curvelo, o município tem como limites naturais o Rio das Velhas, que o separa de Curvelo, e o Rio Paraúna, também conhecido como Rio Cipó, que atravessa toda a cidade (Dumbá, 2023).

5.1.2. AGROECOSSISTEMAS

O município de Presidente Juscelino apresenta temperaturas médias anuais de 30,2 ºC como máxima e 16,6 ºC como mínima, resultando em uma média anual de 22,6 ºC. A pluviosidade média registrada é de 1.118 mm ao ano. Predomina na área o bioma Cerrado, conforme os levantamentos realizados por Oliveira Neto (2008) e Infosanbas (2024).

Do ponto de vista geomorfológico, o território do município é majoritariamente caracterizado por depressões, com menor representatividade de patamares e planícies (Figura 02). As declividades predominantes variam entre áreas suavemente onduladas e onduladas; em menor proporção, encontram-se regiões fortemente onduladas ou montanhosas. Quanto à cobertura vegetal, destaca-se a presença de áreas de transição ambiental, classificadas como ecótonos e enclaves (MapBiomas, 2024).

Figura 02: Geomorfologia município de Presidente Juscelino/MG



Fonte: Adaptado de MAPBIOMAS (2024).

A cidade de Presidente Juscelino é atravessada pelo Rio Paraúna, que integra a sub-bacia do Rio das Velhas e, consequentemente, está inserida na ampla bacia hidrográfica do Rio São Francisco, conforme descrito por Oliveira Neto (2008) e Infosanbas (2022).

5.1.3. SOCIOECONÔMICO

Conforme dados do IBGE, a população do município de Presidente Juscelino, em Minas Gerais, alcançou 3.465 habitantes em 2022, o que representa uma redução de 11,34% em comparação ao censo de 2010. O levantamento também identifica uma densidade demográfica de 4,98 habitantes por quilômetro quadrado e uma média de 2,63 moradores por residência. Com base nesses números, estima-se a existência de cerca de 1.317 famílias na região (IBGE, 2022).

O Produto Interno Bruto (PIB) do município é estimado em aproximadamente R$ 48,1 milhões. Desse total, cerca de 47,5% têm origem na administração pública, seguidos por 26,3% provenientes da agropecuária, 22% dos serviços e os outros 4,2% advindos de diferentes atividades. Essa configuração econômica resulta em um PIB per capita de cerca de R$ 13,7 mil (IBGE, 2022; Caravela, 2024).

O município conta com cerca de 533 empregos formais registrados conforme a CLT. As principais ocupações desses trabalhadores estão concentradas na administração pública (como escolas, postos de saúde e prefeitura), na agropecuária, na construção civil (predominantemente pedreiros) e na área de educação como professores. A média salarial ronda os R$ 1,8 mil (Caravela, 2024).

De acordo com informações de trabalhadores locais, as atividades que mais geram empregos na região incluem a administração pública e a pecuária bovina, tanto para corte quanto para leite (Caravela, 2024). Entre as atividades econômicas de maior destaque na atualidade estão a bovinocultura de corte, com produtos destinados a frigoríficos ou atravessadores, e a bovinocultura leiteira, cuja produção é direcionada às cooperativas. Recentemente, a construção de instalações para animais silvestres e um haras têm

impulsionado a geração de emprego, especialmente para trabalhadores da construção civil.

Os produtores familiares da região são classificados conforme critérios de renda e tamanho da propriedade. Segundo o IBGE (2024), as propriedades são organizadas em quatro categorias: a Tipo A, são as propriedades que possui renda média de três salários mínimos e área média de 85 hectares; o Tipo B apresenta renda média de dois salários mínimos com área aproximada de 35 hectares; no Tipo C, a renda média é equivalente a um salário mínimo com área média próxima a 25 hectares; e no Tipo D estão os agricultores em regime de subsistência, com renda média de meio salário mínimo e área aproximada de 52 hectares. Assim, as propriedades agrícolas em Presidente Juscelino-MG seguem essa classificação conforme indicado na Tabela 01 (IBGE, 2024).

Tabela 01: Tipos de produtores em Presidente Juscelino-MG

Tipo de propriedades	Número de estab. (Unid.)	Número de estab. (%)	Área da proprid. (ha)	Área da proprid. (%)	Área da proprid. (X)	Valor da produção total (mil reais)	Valor da produção total (%)
Familiar - tipo A	28	9,8	2385	7,0	85,2	1489	19,8
Familiar - tipo B	69	24,0	2425	7,1	35,1	684	9,1
Familiar - tipo C	19	6,6	488	1,4	25,7	59	0,8
Familiar - tipo D	90	31,4	4691	13,8	52,1	580	7,7
Não Familiar	81	28,2	24.095	70,7	297,5	4693	62,5
Total	**287**	**100**	**34.084**	**100,0**	**99,1**	**7.505**	**100,0**

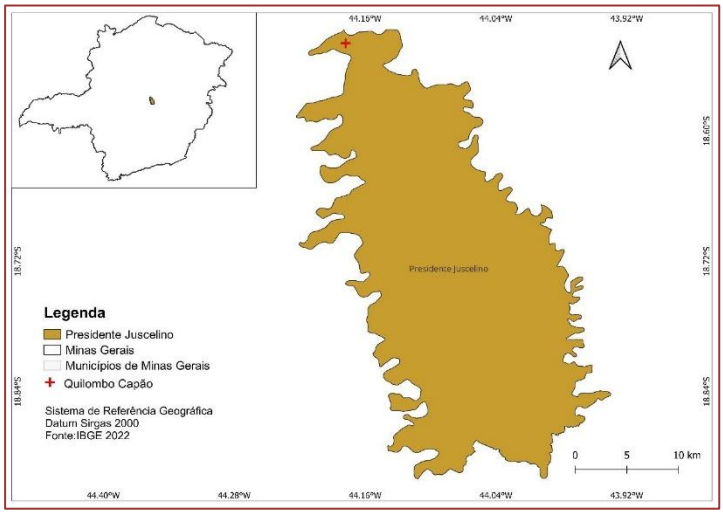
Fonte: Adaptado do SIDRA/IBGE 2024 (Censo Agropecuário 2006).

Conforme os dados apresentados na Tabela 01, cerca de 71% dos produtores em Presidente Juscelino-MG são classificados como familiares. Observa-se que aproximadamente 31% pertencem à categoria tipo D, o que indica que a maior parte desses produtores tem perfil de subsistência. Embora os produtores do tipo A representem uma porcentagem menor, seu volume de produção em valores monetários é mais elevado. Esse cenário pode ser justificado pelo possível acesso a tecnologias mais avançadas, maior capacidade de investimento e maior disponibilidade de mão de obra familiar.

5.2. ADSA – ESCALA MICRORREGIONAL – COMUNIDADE QUILOMBOLA DO CAPÃO

A Comunidade Quilombola do Capão localiza-se na região norte do município de Presidente Juscelino (MG), (Figura 03) próxima à confluência dos rios Paraúna e Velhas. Com cerca de 400 habitantes, a comunidade possui um povoado central na qual estão concentrados espaços de uso público, como escola e posto de saúde, e também instituições privadas, como igrejas e a Associação de Mulheres. Além disso, a área conta com casas distribuídas em mais de oito "micro-comunidades", que são consideradas parte integrante do Capão (Tabela 02).

Figura 03: Mapa Presidente Juscelino e Comunidade Quilombola do Capão



Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

A história da comunidade ainda não foi completamente esclarecida, mas múltiplas evidências indicam que o Capão pode ser reconhecido, sob uma perspectiva histórica, como uma comunidade negra com origens quilombolas, sendo a única com essas características no município de Presidente Juscelino-MG. Além de apresentar sinais de suas raízes quilombolas, o Capão também pode ser classificado como uma comunidade tradicional ribeirinha e sertaneja, preservando uma rica diversidade de saberes e práticas culturais.

Tabela 2: Distribuição populacional do Capão

Distribuição populacional do Capão		
Localidades	**Domicílio**	**Moradores**
Jequi	02	04
Fundo da Várzea	25	67
Peri-Peri	46	104
Capão (Povoado)	43	99
Barreiro	25	62
Lapinha	14	29
Retiro	12	35
Fazenda Jatobá	08	26
Falcão	03	11
TOTAL	**178**	**437**

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A comunidade, reconhecida como guardiã do emblemático encontro das águas, atrai um diversificado público composto por turistas, viajantes, empresários e curiosos. Antes de ser oficialmente reconhecida pela Fundação Cultural Palmares como uma comunidade quilombola, o Capão enfrentou significativas transformações socioeconômicas e culturais que desafiaram suas tradições e identidade local.

A religiosidade constitui um elemento cultural central na história de Presidente Juscelino-MG e da comunidade de Capão. O catolicismo desempenha um papel crucial no processo de formação cultural da região, assim como ocorre em outras localidades de Minas Gerais. Historicamente, a área do Capão integrava a freguesia de São Sebastião do Paraúna, cuja sede é representada pela Igreja Matriz localizada na cidade de Presidente Juscelino-MG. No contexto específico do Capão, a prática do catolicismo permanece como uma referência cultural significativa, sendo o templo da comunidade dedicado à Imaculada Conceição.

Em um esforço para preservar as origens históricas da região, a comunidade do Capão tem mantido vivas práticas tradicionais entre seus moradores. A produção de farinha de mandioca, ainda que frequentemente voltada para a subsistência, é um exemplo desse compromisso com os saberes ancestrais. Além disso, atividades como a fabricação de quitandas, queijos e outros produtos artesanais continuam a refletir aspectos da vida ribeirinha e sertaneja. Habilidades como pescar, navegar, cultivar plantas, cuidar de animais e utilizar plantas medicinais são amplamente praticadas e transmitidas entre gerações.

Atualmente, a comunidade organiza três festividades que representam sua identidade cultural e buscam reforçar laços comunitários. Duas dessas celebrações possuem mais de duas décadas de história: a Festa de Nossa Senhora da Conceição e a Festa do Capão. A terceira festividade, mais recente, é o "Festival Ecologia de Saberes do Paraúna", criado com o propósito de promover a valorização e a preservação dos conhecimentos e práticas locais.

5.3. TIPOLOGIAS DE ESTABELECIMENTOS RURAIS E SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Conforme os estudos realizados na Comunidade do Capão, observa-se que, entre as propriedades dedicadas à agricultura ou pecuária, a força de trabalho predominante é de origem familiar. De acordo com Simões (2010), a agricultura familiar caracteriza-se pela realização das atividades produtivas por meio do trabalho dos próprios membros da família, constituindo a base principal da mão de obra empregada.

As entrevistas realizadas revelaram que a produção de farinha ainda ocupa papel de destaque na região, preservando suas raízes históricas. Da mesma forma, a produção de rapadura também permanece relevante. Quase a totalidade das famílias residentes dedica-se ao cultivo de hortaliças, seja para consumo próprio, seja para fins comerciais. Entre os produtores de hortaliças, quatro têm conseguido manter uma produção estável e constante, direcionando seus produtos principalmente para a comercialização. Essa venda ocorre tanto dentro da própria comunidade, por meio de feiras organizadas pela Associação de Mulheres Quilombolas do Capão, quanto em mercados locais na sede do município ou mesmo por meio de atravessadores em localidades externas.

Uma parcela significativa da farinha e da rapadura é produzida com o propósito específico de ser comercializada durante a tradicional “Festa do Capão”, realizada anualmente no mês de julho. Este evento é um atrativo tanto para antigos moradores quanto para visitantes, que frequentemente adquirem produtos carregados de identidade cultural e simbólica da comunidade. De modo geral, no entanto, grande parte da produção local destina-se ao sustento das próprias famílias residentes, evidenciando o caráter central da subsistência na dinâmica produtiva regional.

5.4. ASSOCIAÇÃO DE MULHERES QUILOMBOLAS DO CAPÃO E ADJACENTES

A Associação de Mulheres Quilombolas do Capão foi criada em 2019 por mulheres da comunidade do Capão, localizada no município de Presidente Juscelino-MG, e áreas próximas.

Segundo a presidente da associação, o principal objetivo de sua fundação foi reduzir o êxodo rural por meio do trabalho voltado para questões sociais, educacionais e ambientais dentro da comunidade. A iniciativa visa promover o desenvolvimento local, com destaque para a valorização da figura feminina presente no contexto comunitário. Embora tenha surgido com foco específico nas mulheres, a associação agora atua no apoio a atividades locais sem distinção de gênero. Ainda assim, é importante mencionar que a diretoria permanece composta exclusivamente por mulheres.

Atualmente, a associação conta com 34 associados e também recebe suporte de não associados e parceiros comprometidos com a melhoria e o progresso da comunidade. Grande parte dos membros são agricultores familiares que se dedicam à agricultura de subsistência (Figura 04).

Figura 04: Reunião da Associação de Mulheres da Comunidade Quilombola do Capão e Adjacentes

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Entre as principais iniciativas realizadas pela associação, sobressai-se o suporte à agricultura familiar, com a oferta de cursos e minicursos voltados para o incentivo a práticas produtivas economicamente sustentáveis. Também é promovida a capacitação em áreas como costura, bordado e crochê, oferecendo possibilidades de geração de renda alternativa fora do contexto agrícola.

Adicionalmente, a associação dedica esforços contínuos para arrecadar recursos financeiros, maquinários, materiais e utensílios necessários para viabilizar atividades direcionadas às mulheres, aos idosos e aos jovens da comunidade local (Figura 05).

Figura 05: Apresentação do grupo de crochê - Associação de Mulheres da Comunidade do Capão e Adjacentes

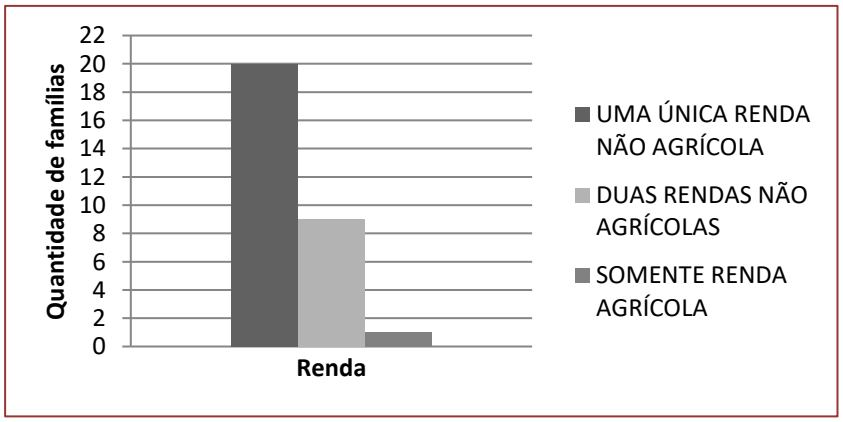
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Compreender o papel da associação na comunidade do Capão evidencia sua importância para o fortalecimento da cultura e da economia local. Ela atua como um elo que permite à comunidade ter uma participação ativa nas decisões e também viabiliza a busca por recursos.

5.5. RENDA NÃO AGRÍCOLA – COMUNIDADE DO CAPÃO

Com base nos estudos e entrevistas realizados na Comunidade do Capão, ficou evidente que a maior parte da população obtém sua renda a partir de atividades não agrícolas. Isso inclui aposentadorias, auxílios governamentais e trabalhos realizados fora do setor rural, conforme ilustrado na Figura 06.

Figura 06: Renda das famílias da Comunidade Quilombolas do Capão e Adjacentes



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Nota: famílias que possuem somente uma ou duas fontes de renda não agrícola vivem especificamente dessas fontes de renda. Famílias com fonte de renda agrícola vivem somente da agricultura ou pecuária.

Entre as 30 famílias entrevistadas, a maioria conta com algum tipo de auxílio governamental. Do total, 50% recebem pelo menos uma aposentadoria, 20% são beneficiadas pelo programa Bolsa Família e 30% não recebem nenhum suporte do governo. Quanto à renda agrícola obtida fora de programas governamentais, 71% dos entrevistados realizam trabalhos ocasionais, como pedreiro, operadores de maquinário por hora, faxinas ou atividades informais no meio rural. Outros 18% trabalham no setor público e 12% se dedicam ao artesanato, conforme demonstrado na Tabela 03 a seguir.

Tabela 03: Renda Não Agrícola na Comunidade Quilombola do Capão e Adjacentes

RENDA NÃO AGRÍCOLA PROVINIENTE DE AUXÍLIOS		
Bolsa família	Aposentadoria	Nenhum auxilio
6	15	9
RENDA NÃO AGRÍCOLA (TRABALHOS POR FORA)		
Artesão	Bicos	Funcionário Público
2	12	3

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A análise das entrevistas permite observar que a aposentadoria na Comunidade Quilombola do Capão desempenha um papel importante, sendo, em praticamente todos os casos, a principal responsável por custear as despesas das famílias beneficiadas. Constata-se que a maioria dessas famílias não recebe qualquer outro tipo de auxílio ou possui fontes complementares de renda, evidenciando que a aposentadoria se estabelece como o recurso financeiro primário para sua subsistência.

O entrevistado identificado como Controle 14 destacou que a aposentadoria representa a única fonte de renda para sua família, composta por quatro membros totalmente dependentes desse benefício. Segundo seu relato, a ausência da aposentadoria tornaria insustentável a permanência na comunidade, forçando-o a buscar melhores condições de vida em grandes centros urbanos ou cidades próximas. Em situação similar, o entrevistado Controle 18 relatou que sua família, com cinco membros dependentes da aposentadoria, também enfrentaria a necessidade de migração em busca de recursos financeiros. Isso ocorre porque os trabalhos eventuais realizados por dois membros da família são insuficientes para garantir a manutenção no território quilombola.

Estudos como os de Boscardin e Spanevello (2019) sobre aposentadoria rural reforçam a relevância desse benefício para o sustento de grande parte da população residente em áreas rurais. Esse dado converge com as conclusões da presente pesquisa, na qual a maioria dos entrevistados indicou a aposentadoria como a principal razão para sua permanência na comunidade.

Ainda em relação às perspectivas de geração de renda, apenas cinco entrevistados manifestaram interesse ou planos concretos para diversificação de suas fontes financeiras, seja por meio de atividades agrícolas ou não. Entre eles, o Controle 30 apontou dificuldades em ampliar suas atividades devido à escassez de mão-de-obra, já que a expansão demandaria maior tempo e dedicação. Outro caso citado foi o do Controle 06, que expressou desejo de incrementar sua renda por meio de atividades extracurriculares fora do setor agrícola, como promoções no emprego atual ou trabalhos adicionais, incluindo jardinagem.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho possibilitou uma análise do contexto histórico e socioeconômico do município de Presidente Juscelino-MG, com destaque para a Comunidade Quilombola do Capão. Conforme relatos dos moradores locais, a história e as tradições permanecem vivas, evidenciadas por práticas como a produção artesanal de farinha de mandioca e a realização da festividade de Nossa Senhora da Conceição.

A agricultura familiar continua sendo predominante nas propriedades agropecuárias de Presidente Juscelino-MG, assim como era em períodos passados. As principais atividades agrícolas do município estão voltadas para a produção pecuária, com ênfase na criação de gado leiteiro e de corte.

Por meio desta pesquisa, constatou-se que a aposentadoria representa a principal fonte de renda para os habitantes da Comunidade do Capão, desempenhando um papel significativo na mitigação do êxodo rural. Verifica-se ainda que os auxílios governamentais exercem um impacto direto na permanência do homem no campo, contribuindo para a preservação da identidade cultural e histórica local, conforme demonstrado ao longo do estudo.

O desenvolvimento deste estudo de caso também permitiu sugerir iniciativas para diversificar as fontes de renda da comunidade, como a adoção de atividades apícolas, a comercialização de quitandas caseiras, a valorização do artesanato regional e o incentivo à pesca. Essas propostas buscam reduzir a forte dependência da aposentadoria, que atualmente deixa a comunidade excessivamente dependente de auxílios governamentais.

Além disso, o trabalho ressaltou a relevância das fontes de renda não agrícolas para a dinamização econômica da comunidade local. No entanto, vale destacar que esta pesquisa possui caráter preliminar, havendo ainda lacunas a serem exploradas e compreendidas, pois as informações disponíveis sobre o município de Presidente Juscelino-MG e a Comunidade Quilombola do Capão são bastante limitadas.

A partir desta investigação, abrem-se novas possibilidades para futuras pesquisas em temas como o impacto da diversificação de rendas na preservação cultural e histórica de comunidades quilombolas, os desafios específicos enfrentados por comunidades rurais quilombolas e o impacto social da renda não agrícola em contextos rurais.

REFERÊNCIAS

[1] ADARE, S. Z.; WAJE, S. S. Factors Affecting Income Diversification of Rural Households in Sodo Zuria District, Wolaita Zone, Ethiopia. **Journal of Economics and Sustainable Development**, v. 12, n. 3, p. 19-30, fev. 2021. DOI: 10.7176/jesd/12-3-03.

[2] BALENSE, A.; DEBEBE, S. Determinants of rural livelihood strategies and income diversification among pastoral and agropastoral households in southern Ethiopia. **Ethiopian Journal of Business and Social Science**, v. 2, n. 1, p. 164-188, 1 ago. 2019. DOI: 10.59122/13577b1.

[3] BELLVER, D. F.; PRADOS-PEÑA, M. B.; GARCÍA-LÓPEZ, A. M.; MOLINA-MORENO, V. Crafts as a key factor in local development: bibliometric analysis. **Heliyon**, v. 9, n. 1, p. 1-21, jan. 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e13039.

[4] BEZERRA, F. D. S.; NASCIMENTO, C. A.; MAIA, A. G. Rural development and the expansion of non-agricultural activities in the Brazilian Amazon. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 4, p. 1-18, 2021. DOI: 10.1590/1806-9479.2021.231355.

[5] BOSCARDIN, M.; SPANEVELLO, R. M. A importância da aposentadoria rural para agricultores familiares sem sucessores no norte do Rio Grande do Sul: o caso do município de Frederico Westphalen. **Revista Estudo & Debate**, v. 26, n. 2, p. 35-51, 5 jul. 2019. DOI: 10.22410/issn.1983-036x.v26i2a2019.1944.

[6] BRANSKI, R. M.; FRANCO, R. A. C.; LIMA JUNIOR, O. F. **Metodologia de estudo de casos aplicada à logística**. *In*: XXIV ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte. 2010. p. 2023-10.

[7] BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS: Sobre Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa envolvendo seres humanos. **Diário Oficial da União**, 10 out. 1996.

[8] CARAVELA. **Presidente Juscelino - MG, 2024**. Disponível em: https://www.caravela.info/regional/presidente-juscelino---mg. Acesso em: 09 nov. 2024.

[9] CARDOSO, J. G. **Pluriatividade e políticas públicas na região Nordeste e Sul do Brasil nos anos 1990 e 2000: trajetórias e desafios**. 2013. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) - Instituto de Economia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2013.

[10] CHAYANOV, A. **La organización de la unidad económica campesina**. Buenos Aires: Nueva Vision, 1985.

[11] DAVIS, J. R. The Rural-Non-Farm Economy, Livelihoods and their Diversification: issues and options. **SSRN Electronic Journal**, p. 1-39, 2003. DOI: 10.2139/ssrn.691821.

[12] DUFUMIER, M. **Projetos de Desenvolvimento Agrícola**: manual para especialistas. 2ª ed. Bahia: Edufba, 2010. 326 p. Tradução de: Vitor de Athaíde Couto.

[13] DUMBÁ, G. **Nas Ribanceiras do Rio Paraúna**. Belo Horizonte: Starling, 2023. 199 p.

[14] HANH, H. Q.; AZADI, H.; DOGOT, T.; TON, V. D.; LEBAILLY, P. Dynamics of Agrarian Systems and Land Use Change in North Vietnam. **Land Degradation & Development**, v. 28, n. 3, p. 799-810, 6 out. 2016. DOI: 10.1002/ldr.2609.

[15] HENZEL, A. B. D.; ANJOS, F. S.; GUARINO, E. S. G. The multifunctionality of rural space: agriculture and pedagogical rural tourism in the southernmost region of brazil. **Societal Impacts**, v. 4, p. 100084, dez. 2024. DOI: 10.1016/j.socimp.2024.100084.

[16] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Acesso em: 30 out. 2024.

[17] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Presidente Juscelino – Panorama, 2022**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/presidente-juscelino/panorama. Acesso em: 30 out. 2024.

[18] INFOSANBAS. **Presidente Juscelino – MG**. Disponível em: https://infosanbas.org.br/municipio/presidente-juscelino-mg/#uso_da_terra. Acesso em: 01 de nov. 2024.

[19] MAPBIOMAS. **MAPBIOMAS BRASIL**. 2024. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/. Acesso em: 01 nov. 2024.

[20] MAZOYER, M.; ROUDART, L. **Histórias das agriculturas no mundo. Do neolítico à crise contemporânea**. Universidad Estatal Paulista (UNESP), 2010.

[21] MINAS GERAIS. **Mapa com o município de Presidente Juscelino**. Wikipédia, [s.d.]. Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/63/MinasGerais_Municip_PresidenteJuscelino.svg/1024px-MinasGerais_Municip_PresidenteJuscelino.svg.png. Acesso em: 01 de nov. 2024.

[22] MOREIRA, D. C.; BIEGER, T. E.; NEUMANN, P. S.; BUZZATTI, M.; ANDRADE, A. A. X. Análise diagnóstico dos sistemas agrários e aspectos da agricultura familiar no município de Derrubadas, Rio Grande do Sul. **Revista de La Facultad de Agronomía**, v. 118, n. 2, p. 1-15, 27 dez. 2019. DOI: 10.24215/16699513e025.

[23] NEDER, H. D.; SILVA, J. L. M. Pobreza e distribuição de renda em áreas rurais: uma abordagem de inferência. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n. 3, p. 469-486, set. 2004. DOI: 10.1590/s0103-20032004000300004.

[24] NEUMANN, P. S.; FIALHO, M. A. V. **Sistemas agrários**. Santa Maria: UFSM, 2009.

[25] OLIVEIRA NETO, J. **Gestão Ambiental e Gênero em Presidente Juscelino-MG**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

[26] PREFEITURA MUNICIPAL. **História da cidade Presidente Juscelino**. Portal Oficial da Prefeitura de Presidente Juscelino, [s.d.]. Disponível em: https://presidentejuscelino.mg.gov.br/historia-da-cidade. Acesso em: 30 out. 2024.

[27] REARDON, T.; BERDEGUÉ, J.; ESCOBAR, G. Rural Nonfarm Employment and Incomes in Latin America: overview and policy implications. **World Development**, v. 29, n. 3, p. 395-409, mar. 2001. DOI: 10.1016/s0305-750x(00)00112-1.

[28] SAKAMOTO, C.; NASCIMENTO, C. A.; MAIA, A. G. As Famílias Pluriativas e Não Agrícolas no Rural Brasileiro: condicionantes e diferenciais de renda. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 3, p. 561-582, set. 2016. DOI: 10.1590/1234-56781806-94790540309.

[29] SILVA, J. G.; GROSSI, M. E. Rural Nonfarm Employment and Incomes in Brazil: patterns and evolution. **World Development**, v. 29, n. 3, p. 443-453, mar. 2001. DOI: 10.1016/s0305-750x(00)00103-0.

[30] SIMÕES, H. M. **Análise-diagnóstico do sistema agrário do município de Camacan, Bahia: perspectiva socioeconômica e ambiental**. Ilhéus, BA: UESC/ PRODEMA, 2010.

[31] SIMÕES, H.M. **Análise-diagnóstico do sistema agrário do município de Camacan, Bahia: perspectiva socioeconômica e ambiental /Húryck Marinho Simões**. – Ilhéus, BA : UESC/ PRODEMA, 2010.

Capítulo 3

Produção de híbridos de mamoneira em dois sistemas de produção no oeste da Bahia

Antonia Mirian Nogueira de Moura Guerra
Felipe Silva Porto
Ublener Anjos Macedo
Janine de Novaes Almeida
Rita Costa da Silva
Mylena Teixeira Santana
Edeilton Borges dos Santos

Resumo: A mamona é uma cultura de ampla utilização pelo setor industrial, tendo como o seu principal subproduto o Biodiesel, produto extraído a partir dos processos de refinamento do óleo obtido das sementes da cultura. Áreas com lavouras de mamona, sofrem com problemas diretamente ligados ao manejo da cultura, por ser implantada seguindo espaçamentos largos, tanto entre linha, como entre plantas, o que sujeita o solo a uma exposição direta a incidência solar, ao processo de evaporação da água e a erosão. Dessa maneira, é imprescindível o uso de técnicas de plantio que envolvam o melhor condicionamento do solo, como por exemplo o uso de cobertura vegetal como fonte de proteção e melhorias no sistema de cultivo. O advento do avanço da exploração da mamoneira no Cerrado brasileiro tem seu êxito devido adoção de materiais genéticos modernos precoces, de porte baixo e altamente produtivo, como é o caso dos híbridos. E estudar o seu desempenho produtivo desses novos materiais é imprescindível para o correto posicionamento nos sistemas de produção. Com essa motivação, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de cultivares de mamonas cultivadas em dois sistemas de produção no município de Barra – BA. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em um esquema fatorial de 5x2, sendo cinco cultivares (Mia, Kariel, Tamar, KS2030 e KS2019) e dois sistemas de cultivo (área com cobertura vegetal e área sem cobertura). Foram realizadas avaliações para quantificar o número de rácemos por planta, o comprimento do rácemo, o número de frutos por rácemo, o número de sementes por rácemo, índice de colheita, peso de mil grãos e produtividade. No solo sem cobertura a cultivar KS2030 apresentou maior rendimento, com 2.0551,61 kg ha^{-1}, quando comparada as demais. Já no solo coberto, a Kariel apresentou a maior produtividade, com 1.676,25 kg ha^{-1}, frente as demais cultivares. Comparando os sistemas de cultivo, a mamoneira apresentou maior produtividade em solo descoberto, com incrementos de 45,27% em relação ao solo com cobertura. Todas as cultivares de mamona apresentaram potencial produtivo nas condições de exploratórias de Barra – BA. A produtividade de grãos da mamoneira foi maior na ausência de cobertura do solo.

Palavras-chave: Cobertura do solo, Kariel, Mia, Manejo do Solo, Tamar.

1. INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma planta originária da Ásia, pertencente à família Euphorbiaceae, amplamente conhecida pela sua produção de óleo extraído a partir de suas sementes, que é matéria prima de grande valor na indústria química. É uma espécie de porte arbustivo, podendo chegar de 3,50 a 6,00 metros de altura, apresentando variações em sua morfologia externa, constatada por colorações e formatos distintos de órgãos da parte aérea em diferentes indivíduos da espécie. As flores são agrupadas em inflorescência, seguindo o padrão de racemos, que geram os frutos em forma de cachos, sendo os frutos pequenos, contendo 3 sementes e possuem em sua superfície estruturas semelhantes a espinhos (Nazareno et al., 2011). A cultura se destaca como uma alternativa sustentável para a produção de diesel verde, além de possuir ampla aplicação nas indústrias química e farmacêutica.

A área mundial cultivada com mamona gira em torno de 1,3 milhão de hectares. A Índia é o principal país produtor, com cerca de 70% da área e 85% da produção. O Brasil já figurou como o maior produtor mundial de mamona até a década de 1980, contudo, atualmente responde com apenas 4% da área cultivada e 2% da produção mundial.

De acordo com o levantamento sistemático da produção agrícola no Brasil na safra 2023/24, observa-se que a produção da cultura foi de 87.100 toneladas em uma área plantada de 58.700 ha com produtividade média de 1.484 kg ha^{-1}, e para a safra 2024/25 registra-se aumentos de 9,4% na área plantada e uma expectativa de aumento de produção de 9,5%, onde se espera que sejam colhidos 95.400 t do grão (CONAB, 2025).

A produção brasileira está concentrada no Estado da Bahia (CONAB, 2025), onde é produzida num cenário predominantemente por pequenos agricultores, disputa área com as culturas do feijão-caupi e do milho, tem baixo nível tecnológico, pouco uso de insumos, com colheita manual e baixa produtividade.

A mamonicultura é praticada comumente nos sistemas de cultivo no âmbito da agricultura familiar, onde, a condução da cultura tende a ser realizada sem o devido acompanhamento técnico, fugindo assim das práticas corretas que são recomendadas para que a cultura consiga se desenvolver e gerar bons rendimentos produtivos. Nesses sistemas alguns fatores acabam sendo negligenciados, como por exemplo o manejo adequado do solo, que por exposição direta a alta incidência solar perde elevados volumes de água pelo processo de evaporação (Devide et al., 2010).

Outro fator que favorece a exploração dessa oleaginosa é a menor necessidade de água em relação a outras culturas, o que é um grande benefício para o cultivo em climas quentes e em condições de sequeiro e em cenários de restrição hídrica ou presença de veranicos curtos ou mais alongados.

Desta forma, faz-se necessário a implantação de métodos que possibilitem melhorias nas condições do solo para o cultivo da mamona como a inserção das técnicas envolvendo o uso de cobertura vegetal no solo. De acordo com Devide et al. (2010), a implementação de cobertura vegetal permite que o solo seja conservado, gerando condições favoráveis a cultura como a ciclagem de nutrientes, o aumento no teor de matéria orgânica, manutenção do teor de umidade do solo e redução da propagação de pragas e doenças como o mofo cinzento, que pode ser propagado em sistemas de monoculturas.

Além de problemas relacionados com o manejo do solo, outro fator que causa entraves no cultivo da mamona, é a necessidade de realizar-se colheita manual, o que aumenta a mão de obra da lavoura e gera mais custos. O melhoramento da espécie foi iniciado visando a redução de limitações no cultivo, sendo assim, a partir de material vegetal selecionado, deu-se o desenvolvimento de híbridos de ciclo médio a precoce, que apresentem maturação uniforme e menor altura, o que implicaria na adoção de colheita mecanizada e melhor utilização da área explorada (Cruz et al., 2020).

O número de materiais híbridos obtidos da cultura da mamona cresceu gradativamente, nos quais têm-se os híbridos Cerrado, Savana, Cerradão, Íris, Lyra, Sara (Cantanhêde, 2009), no entanto, o híbrido AG IMA110204 ganhou destaque no setor produtivo brasileiro devido seu ciclo precoce de 140 dias e rendimento produtivo entre 1500 a 3000 kg ha^{-1}, superando os demais (Sá et al., 2015).

De acordo com Vieira et al. (2020), ao analisar o efeito da palhada sob os fatores temperatura e umidade do solo no cultivo do milho, constataram que o solo quando encontra-se com uma cobertura de solo adequada, consegue-se reduzir a sua temperatura chegando a variações de 5,8 °C sobre a temperatura normal do solo, principalmente nas camadas mais superficiais de 5-10 cm que são mais afetadas pela radiação direta, enquanto que o fator umidade tende a reduzir de forma lenta, possibilitando que essa se mantenha por mais tempo no solo, favorecendo assim o desenvolvimento do milho. Recentemente, pesquisas da Embrapa e do Instituto Mato-grossense do algodão (IMAmt) tem evidenciado que o Cerrado Brasileiro tem grande potencial para exploração da mamona, em particular destaca-se o estado do Mato Grosso, onde a cultura de encaixa como opção de segunda safra, além de auxiliar no manejo de nematoides (Sá et al., 2015).

No estado de Mato Grosso a exploração da mamona vem se expandindo e concretizando devido ao fato de ser uma opção viável com os avanços na tecnologia de colheita e com o surgimento de híbridos de porte baixo, precoces, altamente produtivos e bem adaptados ao clima e solo da região. E ainda, a cultura contribui na redução da população de algumas espécies de nematoides que impactam negativamente a produtividade das culturas da soja, do milho e do algodão, sendo outra característica atraente aos produtores (Sá et al., 2015).

Na região Oeste da Bahia a mamona ainda é pouco cultivada entre os produtores, contudo, sua exploração é na safrinha, após a soja. O cultivo da mamona traz benefícios agronômicos ao sistema agrícola, que por possui sistema radicular profundo e robusto, contribui para a descompactação do solo e apresenta uma baixa relação carbono/nitrogênio, e além de melhorar a estrutura do solo, ajuda a interromper o ciclo de algumas pragas e doenças da região, reduzindo, por exemplo, a incidência de nematóides. A cultura também demonstra impacto positivo na produtividade da soja em safras subsequentes. Frente aos benefícios deixados ao sistema agrícola, tem-se uma expectativa de aumento da área explorada para as próximas safras, e a produção regional deverá ser utilizada principalmente para a produção de óleos finos, como lubrificantes para a indústria automobilística (Cooperfarms, 2025).

O município de Barra encontra-se na região Oeste da Bahia, onde em suas condições edafoclimáticas predominam temperaturas altas durante todo o ano, período chuvoso curto e irregular, ocorrendo comumente no período entre outubro e janeiro, além de solos com textura arenosa que resultam em uma baixa capacidade de retenção hídrica (Aquino et al., 2023; Guerra et al., 2020). A mamona apresenta boa adaptação a regiões com baixo índice pluviométrico e faixa de temperatura entre 20 a 30 °C, o que por sua vez também lhe garante certa resistência a longos períodos de seca, características climáticas de regiões semiáridas (Silva et al., 2021). No entanto, o uso de métodos que propõem a redução da exposição da cultura a condições desfavoráveis deve ser adotado, visando melhorias no sistema de cultivo que possam garantir o seu elevado rendimento produtivo.

Diante do evidente aumento da exploração da mamonicultura no Cerrado Brasileiro, a região Oeste da Bahia despontando no cenário nacional como potencial produtora de grãos para extração de óleos finos, e sendo o município de Barra um integrante da região Oeste, e que reúne as característica edafoclimáticas ideais ao cultivo dessa oleaginosa, além de contar com um rico potencial hídrico, devido ao fato de ser banhada pelos rios São Francisco e Rio Grande, o município reúne todas as características essenciais à produção e que o favorece a despontar como grande produtor de mamona no estado, vindo a contribuir com a manutenção da posição da Bahia como maior produtora nacional.

Assim, estar na vanguarda, com a realização de trabalhos que avaliem o comportamento produtivo de híbridos modernos, aqueles com precocidade e alta produtividade, num cenário de solos arenosos, como é a predominância do município de Barra, em sistemas produtivos com e sem cobertura do solo, a fim de evitar a degradação do solo e contribuir com a conservação dos recursos naturais, serão valiosos os resultados obtidos pois muito contribuirão com a implementação do sistema produtivo da mamoneira nas condições locais.

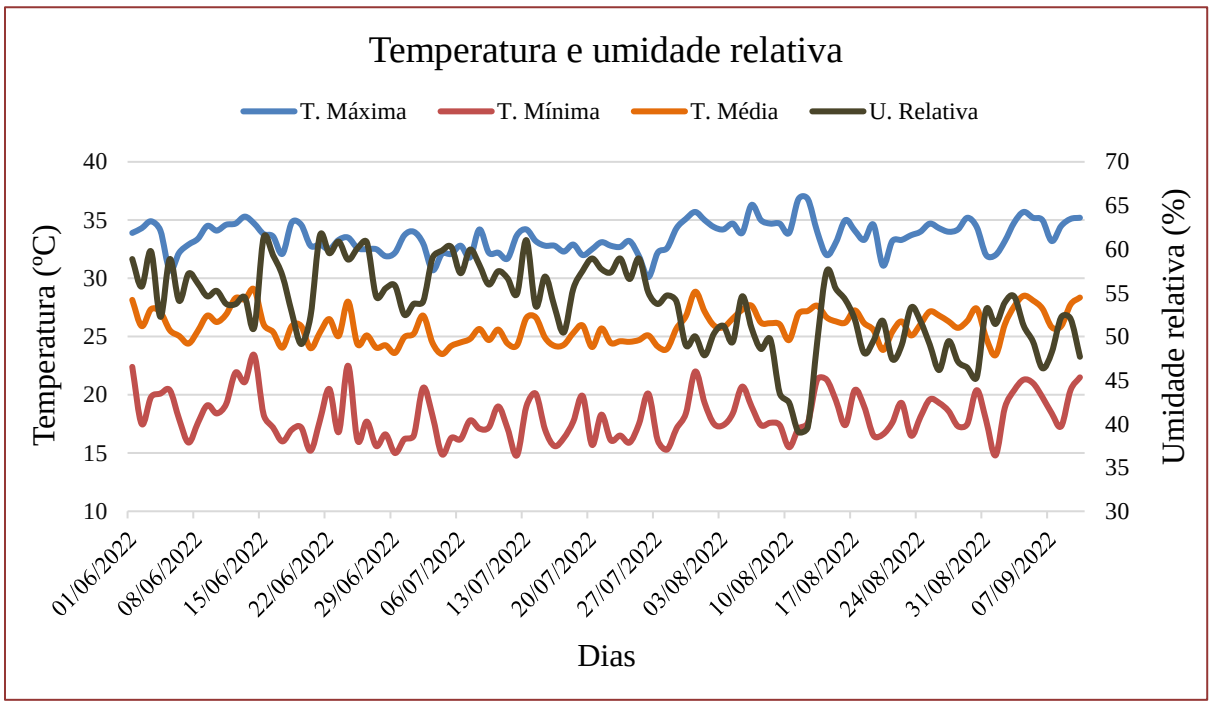
Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de híbridos modernos de mamonas cultivados em dois sistemas de produção no município de Barra – BA.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental do Centro Multidisciplinar de Barra, da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB - Barra). A área está localizada no município de Barra - BA (11°5′23″ S, 43°8′30″ O), o clima local é do tipo tropical semiárido quente (BSh), segundo a classificação de Köppen-Geiger, apresentando estação seca de Inverno, precipitação média anual de 650 mm e temperatura média anual de 26°C.

Durante os períodos de execução do experimento que ocorreu entre os dias 01 de junho de 2022 a 10 de setembro de 2022, as temperaturas máxima, mínima e média e a umidade relativa do ar foram registradas na Figura 1 (INMET, 2022).

Figura 1 – Temperaturas e umidade relativa do ar registrada em Barra – BA no período de 01/06/2022 a 10/09/2022



2.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento seguiu um delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, com 5 cultivares de mamona e dois sistemas de cultivo, com quatro repetições.

As cultivares de mamona foram cinco cultivares híbridas da empresa Kaiima: Mia C180002, Kariel MG202103TE001, Tamar MG202202TE001, KS2030 MG202008TE007 e KS2019 MG202104TE001.

Os dois sistemas de cultivo adotados foram áreas sem e com cobertura vegetal. A área sem cobertura tratou-se de uma área já utilizada para exploração agrícola, na qual anteriormente tinha ocorrida a exploração de um experimento com a cultura do algodão e os restos culturais provenientes daquele ciclo de cultivo foram incorporados ao solo. A área com cobertura não havia sido utilizada para fins de exploração de culturas, nela foi cultivada braquiária (*Brachiaria decumbens*) e esta foi devidamente dessecada e roçada para ser utilizada como material de cobertura do solo.

Cada unidade experimental foi constituída por cinco linhas de 10 m de comprimento e espaçamento 1,0 x 0,5 m, população de 20.000 plantas/ha. Cada parcela teve uma área total de 50 m^2, e para a área útil foram consideradas as três linhas centrais excetuando-se 1,0 m em cada extremidade, perfazendo uma área de 24 m^2.

2.2. PREPARO DA ÁREA DE CULTIVO

O solo da área experimental é do tipo Neossolo Quartzarênico (Santos et al., 2018). A análise do solo (0-20 cm) apresentou as características: pH em H_2O = 4,8; P = 21,1 mg dm^{-3} (Mehlich 1); K = 44 mg dm^{-3}; Ca^{2+} = 1,0 $cmol_c$ dm^{-3}; Mg^{2+} = 0,3 $cmol_c$ dm^{-3}; S = 7,00 mg dm^{-3}, Cu = 0,3 mg dm^{-3}, B = 0,26 mg dm^{-3}, Fe = 123 mg dm^{-3}, Mn = 6,7 mg dm^{-3}, Zn = 0,8 mg dm^3, Na = 1,8 mg dm^{-3}, H+Al = 2,6 $cmol_c$ dm^{-3}, V = 35,1% e M.O = 8,9 g dm^{-3}. Granulometria (%): Areia = 86,5, Silte = 2,5 e Argila = 11.

O preparo do solo ocorreu com duas gradagens, sendo uma passagem com grade aradora e a outra com niveladora. Na área sem cobertura do solo, foi realizada a gradagem niveladora dois dias antes da semeadura da mamona. Já na área com cobertura do solo, 60 dias antes da semeadura da mamona foram realizadas na sequência as duas gradagens e em seguida a semeadura da Brachiaria para a composição da palhada.

A adubação da cultura foi realizada com base na análise química do solo e recomendações para a mamoneira conforme apontamentos de Ribeiro et al. (1999) com ajustes. Na adubação de plantio, que ocorreu sete dias antes da semeadura, foram aplicados 40 kg ha^{-1} de N, 90 kg ha^{-1} de P_2O_5, 60 kg ha^{-1} de K_2O e 20 kg ha^{-1} de S, e as fontes foram ureia, superfosfato simples, cloreto de potássio e sulfato de magnésio, respectivamente.

As sementes foram tratadas com o Standak Top® (25 g i.a. Piraclostrobina, 225 g i.a. Tiofanato Metílico e 250 g i.a. Fipronil) na dose de 100 mL/50 kg de sementes. A semeadura foi realizada manualmente em sulcos com 5,0 cm de profundidade. A emergência ocorreu 5 dias após a semeadura. O fornecimento de água foi diário por meio de sistema de irrigação do tipo aspersão, a lâmina foi de 2,0 mm da emergência até o estádio vegetativo e de 6,0 mm durante a floração e durante a formação dos frutos.

Na adubação de cobertura foi utilizado de 100 kg ha^{-1} de N e 90 kg ha^{-1} de K_2O, tendo como fontes ureia e cloreto de potássio, respectivamente. As doses foram aplicadas na emissão da inflorescência aos 45 dias após a emergência - DAE.

O manejo da cultura, desde preparo do solo até a colheita seguiu as recomendações para o cultivo da mamona, conforme Azevedo e Beltrão (2007). Para o controle de plantas daninhas foi efetuado com capinas com enxada. Foram realizadas duas aplicações de fungicida a base de Trifloxistrobina 100 g L^{-1} e tebuconazol 200 g L^{-1} para controle de mancha-de-cercóspora (*Cercorspora ricinella* Sacc. & Berl.). Para o controle de lagartas (*Spodoptera frugiperda*) e percevejos (*Nezara viridula*) foram efetuadas aplicações com Imidacloprido 700 g L^{-1} e Abamectina 84 g L^{-1}.

Aos 85 DAE verificou-se os sinais da maturação fisiológicas dos rácemos e foi suspensa a irrigação. Após 10 dias, com 95 DAE foi realizada a colheita dos rácemos, nessa ocasião os frutos estavam completamente secos. A colheita foi efetuada manualmente com o corte dos rácemos.

2.3. AVALIAÇÕES PRODUTIVAS

As características avaliadas consistiram em número de rácemos por planta (NRPP), a partir da contagem de quantos estruturas foram produzidas em cada planta da área útil. Foi tomada uma amostra de 15 plantas por parcela e foram quantificados: comprimento do racemo (CR, em cm), mensurado com fita métrica, considerando a base da ráquis até a ponta do rácemo; número de frutos por racemo (NFR), obtido a partir da contagem de todos os frutos contidos no rácemo; número de sementes por racemo (NSR), foi obtida a

partir do descascamento e extração das sementes contidas dentro de todos os fruto dos rácemos; índice de colheita (IC) obtido a partir da relação entre massa de sementes do rácemo, em gramas, extraindo as sementes das cápsulas selecionadas e obtendo a massa dos mesmo e massa das cápsulas; peso de mil grãos (P1000G, em g); produtividade (PRODUT, em kg ha^{-1}) de grãos foi obtida a partir da coleta das plantas presentes na área útil e estimada pela pesagem de todos os grãos colhidos na área útil de cada parcela, sendo feita a correção da umidade para 13%.

2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e as análises estatísticas foram efetuadas com auxílio do software SISVAR 5.4 (Ferreira, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se que houve interação entre os fatores cultivares e cobertura do solo para todas as variáveis analisadas. A tabela 1 mostra que para as cultivares não houve diferença significativa na variável número de rácemos por planta (NRPP) no cenário de cultivo em solo sem palhada, com média de 3,55. No solo com cobertura as cultivares houve efeito significativo das cultivares KS2030 e KS2019 apresentaram maior quantidade de rácemos, com 5,25 e 6,00, respectivamente, em relação as demais. Analisando o efeito entre os sistemas de cultivo, as cultivares KS2019, KS2030 e Kariel apresentaram maior quantidade de rácemos por planta em solo com cobertura em relação ao cultivo sem cobertura (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios para o número de rácemos por planta (NRPP) e comprimento de rácemo (CR) para cultivares de mamona cultivadas em solo com e sem cobertura com palhada

Cultivares	Cobertura do solo			
	Sem	Com	Sem	Com
	[1]NRPP**		[2]CR (cm)**	
Mia	3,25Aa	3,25Ba	36,25Ab	42,75Ba
Kariel	3,75Ab	4,75Ba	35,50Ab	47,00Aa
Tamar	3,75Aa	4,25Ba	31,00Bb	38,50Ca
KS2030	3,75Ab	5,25Aa	36,75Ab	46,50Aa
KS2019	3,25Ab	6,00Aa	35,00Ab	49,50Aa
Média geral	3,55	4,70	34,90	44,85
CV (%)	11,87		4,31	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. **: significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste *F*. CV (%): coeficiente de variação. [1]: média de todas as plantas contidas na área útil de cada parcela. [2]: média de 15 racemos por parcela.

Para o comprimento de racemo (CR) apenas o híbrido Tamar apresentou um menor tamanho, com valor de 31,00 cm no solo sem cobertura, Mia e Tamar produziram os menores rácemos com 47,75 cm e 38,50 cm, respectivamente, no solo com cobertura. No sistema com solo coberto as todas as cultivares apresentaram maior tamanho de rácemo quando comparadas com o solo descoberto, e não houve diferença entre os híbridos nessa condição (Tabela 1).

De acordo com Ferrari Neto et al. (2011) ao analisar o efeito da condução de mamoneira em sistema de plantio direto, constataram que em condição de plantio em solo com cobertura a mamona tende a apresentar bons índices quanto a fatores reprodutivos como o número de racemos por planta, de modo que esta resposta pode ser diretamente relacionada com a maior cobertura da camada superficial do solo e melhor disponibilidade de nutrientes. A cobertura além de proteger o solo, garante menores perdas de água para a atmosfera, estando essa disponível para a cultura e gerando condições ideais de desenvolvimento de microrganismos que atuam na decomposição da palhada de modo a causar um maior aporte nutricional para a cultura, pela disponibilização de forma graduada de nutrientes essenciais como N e K.

Gonçalves et al. (2019) mostram que em condições de alta umidade e associada com a boa relação C/N e baixo teor de lignificação a decomposição do material vegetal de *Brachiaria decumbens* tende a ter início e duração em menor tempo do que em sequeiro, de modo que a sua mineralização e imobilização de N tende a se estabilizar mais rápido com os níveis do nutriente no solo, influenciando diretamente na disponibilidade desse nutriente nas formas de NO_3^- (nitrato) e NH_3^+ (amônio).

A disponibilidade nutrientes e da umidade no início do crescimento da cultura da mamona favorece o maior número de estruturas reprodutivas, havendo aumento no número de racemos por planta (Diniz Neto et al., 2009). Assim, a cobertura do solo pode ter aliado os efeitos benéficos da manutenção da umidade do solo e disponibilidade de nutrientes resultando em mais racemos por planta e, consequentemente, maior produtividade de grãos da mamoneira.

Nas condições de cultivo do trabalho, a cobertura do solo favoreceu maior retenção de umidade, que contribuiu com o incremento na quantidade e no número de rácemos por planta.

Com relação ao número de frutos por rácemo (NFR) no solo sem cobertura a cultivar Kariel teve o melhor desempenho quando comparada com as demais cultivares, produzindo em média 138 frutos. No cenário de solo com cobertura, o híbrido KS2019 demonstrou essa superioridade sobre os outros, com média de 207,50 frutos por rácemo (Tabela 2).

Ao comparar os sistemas de cultivo, de modo geral, no solo coberto ocorreu maior produção de frutos por rácemo em relação ao solo descoberto, e as cultivares KS2019, KS2030 produziram maior quantidade de frutos por rácemo em solo coberto quando comparado ao descoberto, com incrementos de 17,39% e 89,49%, respectivamente (Tabela 2).

Para o número de sementes por rácemo (NSR), as cultivares Kariel, Mia e KS2019 não diferiram entre si e foram superiores as demais, produzindo entre 329,60 a 414,23 sementes por rácemo no solo sem cobertura. O cultivo em solo coberto foi superior em relação ao descoberto com um incremento médio de 18,24% na quantidade de sementes produzidas em cada rácemo, e isoladamente, as cultivares KS2019, KS2030 e Tamar apresentaram maior produção de sementes, com incrementos de 90,54%, 17,30% e 3,48%, respectivamente, em relação ao solo descoberto (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios de número de frutos por racemo (NFR), número de sementes por racemo (NSR) e peso de mil grãos (P1000G) para cultivares de mamona cultivadas em solo com e sem cobertura com palhada

Cultivares	Cobertura do solo					
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
	[1]NFR**		[1]NSR**		[2]P1000G (g)**	
Mia	118,75Ba	117,00Ba	356,10Aa	351,00Ca	307,43Ba	172,68Db
Kariel	138,00Aa	120,75Bb	414,23Aa	363,75Bb	335,95Aa	301,84Ab
Tamar	88,00Da	92,00Da	268,63Bb	278,00Ea	307,67Ba	248,01Cb
KS2030	92,00Db	108,00Ca	275,63Bb	323,33Da	332,22Aa	324,69Aa
KS2019	109,50Cb	207,50Aa	329,60Ab	628,05Aa	324,25Aa	279,05Bb
Média geral	109,25	129,05	328,84	388,83	321,51	265,25
CV (%)	2,65		1,29		4,47	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. **: significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste *F*. CV (%): coeficiente de variação. [1]: média de dez racemos por parcela. [2]: média de cinco amostras por parcela.

Analisando o peso de mil grãos (P1000G), as cultivares Kariel, KS2030 e KS2019 quando manejadas em solo descoberto não diferiram estatisticamente entre si e foram superiores as demais em relação ao maior peso de sementes. As cultivares KS2030 e Kariel foram semelhantes entre si e superiores as demais cultivares produzindo sementes mais pesadas em cenário de solos com cobertura (Tabela 2). Ao compararmos os sistemas de cultivo, em média, as plantas em condições de solo sem cobertura apresentaram sementes com maior peso em relação àquelas produzidas em solo coberto, em média, aumento de 13,93%, e apenas a cultivar KS2030 apresentou maior peso de sementes quando produzidas em condições de cultivo com cobertura do solo e não diferindo do solo descoberto (Tabela 2).

A disponibilidade de água no solo para a mamoneira eleva o potencial de água na planta e nas folhas, favorecendo a abertura dos estômatos, facilitando o fluxo de CO_2 e interferindo no maior acúmulo de fotoassimilados o que, possivelmente, leva ao aumento da produção de tecidos e no tamanho das sementes aumentando, assim, sua massa.

Para o índice de colheita (IC) não houve diferença significativa entre as cultivares exploradas no solo sem cobertura, com média de 68,05 %. No entanto, percebe-se que a mesma variável no cenário com cobertura do solo, houve diferença significativa entre as cultivares, tendo a KS2030 como a que obteve o maior IC, constando 68,35%, e a Mia foi aquela com o menor IC, de 46,50%. Comparando os dois sistemas de produção, em média, no solo sem cobertura ocorreu maior IC em relação ao solo coberto (Tabela 3).

O menor índice de colheita observado nas plantas em condições de solo coberto está relacionado ao efeito de competição na relação fonte/dreno, onde o maior número de rácemos por planta e de frutos por rácemo leva a um efeito de partição dos fotossimilados produzidos entre a maior quantidade de estruturas, finalizando com a produção de grãos com menor quantidade de matéria seca, por fim, mais leves.

Em termos de produtividade, considerando o cultivo em solo descoberto a cultivar KS2030 apresentou maior rendimento, com 2.0551,61 kg ha^{-1}, quando comparada as demais. Já no solo coberto, a Kariel apresentou a maior produtividade, com 1.676,25 kg ha^{-1}, frente as demais cultivares. Comparando os sistemas de cultivo, a mamoneira apresentou maior produtividade em solo descoberto, com incrementos de 45,27% em relação ao solo com cobertura (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios de índice de colheita (IC) e produtividade (PRODUT) para cultivares de mamona cultivadas em solo com e sem cobertura com palhada

Cultivares	Cobertura do solo			
	Sem	Com	Sem	Com
	IC (%)**		PRODUT (kg ha^{-1})**	
Mia	67,08Aa	46,50Cb	1.982,50Ba	913,75Db
Kariel	69,06Aa	66,58Ba	1.535,49Cb	1.676,25Aa
Tamar	67,03Aa	62,75Bb	1.373,91Da	760,00Eb
KS2030	68,77Aa	68,35Aa	2.051,61Aa	1.225,00Bb
KS2019	68,29Aa	64,98Bb	1.348,29Da	1.132,50Cb
Média geral	68,05	61,83	1.658,36	1.141,50
CV (%)	3,42		1,81	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. **: significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste *F*. CV (%): coeficiente de variação.

Acredita-se que essa diferença de produtividade nos dois sistemas, seja justificada pelo material vegetal que compõem a matéria orgânica no solo, já que no sistema sem cobertura houve a incorporação de material vegetal proveniente de um ciclo de cultivo de algodão, material com menor relação C/N e que tem rápida decomposição, que por sua vez pode gerar uma maior disponibilidade de nutrientes para a mamoneira, diferente do sistema com cobertura que não dispõe dessa mesma condição, possuindo apenas a palhada de *B. decumbens*, material com elevada relação C/N e lenta decomposição.

Além disso, é válido destacar que a produtividade da mamona em solo coberto pode variar de acordo com o espaçamento, a pluviosidade, o tipo de cobertura e o manejo da palhada. Em condições em que apenas a palhada foi disposta sobre o solo, a sua decomposição é mais lenta, ocorrendo em primeiro momento a indisponibilidade dos nutrientes, que com a mineralização levará a maior disponibilidade para as culturas, fato este que justifica a menor produtividade da mamoneira neste trabalho.

Estima-se que a cultura do algodoeiro apresenta quantidades totais de nitrogênio, fósforo e potássio extraídos durante o seu ciclo para produção de 1.000 kg de algodão em caroço em valores de 48 a 85 kg de N, 13 a 25 kg de P_2O_5 e 43 a 60 kg de K_2O. A absorção desses micronutrientes ocorre de maneira contínua durante o ciclo da cultura e variando essas quantidades nesses limites de acordo com o estágio que a planta se encontre. Porém, nem todo o nutriente absorvido pela cultura é de fato utilizado para funções relacionadas a produção, parte desses nutrientes ficam acumulados no organismo vegetal e por sua vez retornam ao solo a partir dos processos de decomposição dos seus resíduos, esse processo ocorre tanto para macro como para micronutrientes, de modo que o material vegetal do algodoeiro se torna uma excelente fonte de adubo orgânico para o solo e cultura explorada (Carvalho; Ferreira, 2006).

O presente estudo demonstrou que todas as cultivares de híbridas de mamoneira manifestaram o seu potencial produtivo nas condições edafoclimáticas de cultivo na região Oeste da Bahia, particularmente, o município de Barra, sendo viável a exploração dos materiais aqui mencionados e discutidos.

Ainda, foi aqui evidenciado que a maior produtividade de todas as cultivares de mamoneiras de porte baixo se deu em condições de solo sem cobertura (Tabela 3). Entretanto, o incentivo a execução de outros estudos sobre o efeito de plantas de cobertura do solo e do seu manejo sobre a produtividade da mamoneira devem ser

motivados, afim de que se tenham mais informações sobre quais as plantas de cobertura a serem utilizadas e o manejo adotado para o cultivo dessa oleaginosa.

4. CONCLUSÃO

Todas as cultivares de mamona apresentaram potencial produtivo nas condições de exploratórias de Barra – BA.

A produtividade de grãos da mamoneira foi maior na ausência de cobertura do solo.

A cultivar KS2030 teve maior produção de grãos em um solo sem cobertura.

Para o solo com cobertura, a maior produtividade de grãos ocorreu com a cultivar Kariel.

REFERÊNCIAS

[1] AQUINO, C. F.; SILVA, C. R.; SOUZA.; A. M.; NEVES, J. M. G.; GUERRA, A. M. N. M.; OLIVEIRA, J. A. A.; BARBOSA, E. A.; SOUZA, L. A. Uso de água residuária da piscicultura no crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara**, v. 5, n. 1, p. 58-74, 2023.

[2] AZEVEDO, D, M. P.; BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007, 504p.

[3] CANTANHÊDE, I. S. L. **Avaliação de novos híbridos de mamona (*Ricinus communis* L.) em condições de safra e safrinha no município de Bariri-sp**. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, 2009. 63 p.

[4] CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B. **Calagem e adubação do algodoeiro no Cerrado. Campina Grande**, PB: Embrapa Algodão, 2006, 16 p.

[5] CONAB. Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: sexto levantamento / março 2025. 2025. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos. Acesso em: 14.abr.2025.

[6] COOPERFARMS. 2025. **Cooperfarms recebe encontro técnico sobre a cultura da mamona.** Disponível em: https://cooperfarms.com.br/comunicacao/noticias/item/648-cooperfarms-recebe-encontro-tecnico-sobre-a-cultura-da-mamona.

[7] CRUZ, B. J. E.; ALVES, D. C. L.; SÁ, R. O.; VIANA, R. S.; FERRARI, S. Potencial produtivo de híbridos de mamona em diferentes densidades de plantas na segunda safra em ambiente estressante. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 20, n. 1, p. 53-59, 2021.

[8] DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M.; SANTOS, R. D. F.; ANACLETO, A. H. Plantio direto de mamona 'IAC 80' com culturas alimentares. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 653-659, 2010.

[9] DINIZ NETO, M. A.; TÁVORA, F. J. A. F.; CRISÓSTOMO, L. A.; DINIZ, B. L. M. T. Adubação NPK e épocas de plantio para mamoneira. II - Componentes das fases vegetativas e reprodutivas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 03, p. 417- 426, 2009.

[10] FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. Plantas de cobertura, manejo da palhada e produtividade da mamoneira no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 978-985, 2011.

[11] FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

[12] GONÇALVES, A. D. M. A.; CARVALHO, A. M.; VEIGA, A. D.; ROCHA, O. C. Decomposição e ciclagem de nitrogênio no consórcio entre café e brachiaria no cerrado. *In*: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 10., 2019, Vitória. **Anais eletrônicos** [...]. Vitória: Consórcio Pesquisa Café, 2019. p. 1-6.

[13] GUERRA, A. M. N. M.; SILVA, M. G. M.; EVANGELISTA, R. S.; SANTOS, E. B.; RODRIGUES, I. J. S. Control of weeds in the japanese pumpkin hybrids. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 7, n. 2, p. 27-

33, 2020.

[14] KUENTZER, R. G.; GONZALES, A. D. A necessidade de revisão do programa nacional de produção e uso do biodiesel no estado da Bahia, a partir da produção da mamona. **Revista Diálogos & Ciência**, v. 2, n. 41, p. 01-25, 2018.

[15] NAZARENO, A. C.; AFFÉRRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; CANCELLIER, L. L.; LEÃO, F. F.; NAOE, L. K. Avaliação de cultivares de mamona em três ambientes, no estado do Tocantins, safra 2007/2008. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 297-304, 2011.

[16] RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1999, 359p.

[17] SÁ, R. O.; GALBIERI, R.; BÉLOT, J. L.; ZANOTTO, M. D.; DUTRA, S. G.; SEVERINO, L. S.; SILVA, C. J. **Mamona: opção para rotação de cultura visando a redução de nematoides de galha no cultivo do algodoeiro**. IMAMT – Instituto Mato-Grossense do Algodão. Circular Técnica, 2015. 12 p. (Instituto Mato-Grossense do Algodão. Circular Técnica, 15).

[18] SILVA, C. C. M.; MORAES, L. C. K.; SANTOS JÚNIOR, J. R.; CASTRO, T. L. A. Redução da viscosidade do biodiesel de *Ricinus communis* L. (Mamona) por acetilação química. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 7, n. 3, p. 182-198, 2021.

[19] VIEIRA, F. F.; DALLACORT, R.; BARBIERI, J. D.; DALCHIAVON, F. D.; DANIEL, D. F. Temperatura e umidade do solo em função do uso de cobertura morta no cultivo de milho. **Cientifica**, v. 48, n. 3, p. 188-199, 2020.

Capítulo 4

O capim-elefante e suas diferentes finalidades: uma revisão bibliográfica

Ana Kesia Faria Vidal
Rogério Figueiredo Daher
Kaysa Lacerda Ferreira
Rafael Souza Freitas
Moisés Ambrósio
Josefa Grasiela Silva Santana
Moisés Ambrósio
Maxwel Rodrigues Nascimento
Cleudiane Lopes Leite
Josilene Vargas Xavier
Genival Ferreira dos Santos-Junior
André Filipe Diniz de Souza
Cleverton França Vaz
Gabriel Bousse Picanço
Kethily Kauane Vieira Maciel
Ana Luiza da Silva Pereira Vaz

Resumo: O capim-elefante (*Cenchrus purpureus* (Schumach.) *Morrone* é considerado uma das mais importantes forrageiras cultivadas no Brasil. Apresenta um elevado potencial de produção se comparado com outras culturas tradicionais como o milho e o sorgo devido a menor exigência nutricional e seu rápido crescimento. Além de ser uma forrageira com elevada capacidade de produção de matéria seca e bom valor nutricional, o capim-elefante pode ser utilizado de diversas formas na alimentação animal, o que o torna uma cultura versátil e economicamente viável para alimentação de rebanhos. Nos últimos anos, devido ao aumento da população, houve a necessidade de encontrar novas culturas com potencial para produção de bioenergia, com isso vem crescendo o número de estudos com o capim para essa finalidade. Diante do exposto, o objetivo desta revisão foi perscrutar o impacto da cultura na alimentação animal e na produção de energia, as diferentes formas de utilização e tecer recomendações, com base na literatura existente, sobre o manejo adequado para cada finalidade. A literatura enaltece a utilização do capim-elefante para ambas as finalidades (alimentação animal e produção de energia), entretanto, para extrair o máximo do potencial da cultura, é preciso se atentar a fatores como escolha do genótipo e manejo da cultura, sempre levando em consideração a forma de utilização.

Palavras-chave: *Cenchrus purpureus* (Schumach.) *Morrone*, alimentação animal, produção de energia.

1. INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Cenchrus purpureus* (Schumach.) *Morrone*) é uma espécie de capim tropical perene com ampla variação fenotípica (VidaL et al., 2021). É cultivado em quase todas as regiões tropicais e subtropicais devido ao seu elevado potencial de produção, sendo considerado uma das mais importantes forrageiras cultivadas no Brasil.

É uma forrageira com alta eficiência fotossintética, elevada capacidade de produção de matéria seca, bom valor nutricional, aceitabilidade por diferentes categorias e espécies de animais, vigor e persistência. O capim-elefante, quando comparado a culturas muito utilizadas tradicionalmente, como o milho e o sorgo, apresenta menor custo de produção, devido a menor exigência nutricional e rápido crescimento (Pereira et al., 2008).

Para a alimentação animal, pode ser utilizada para diferentes finalidades, entre elas capineira, na forma de silagem ou fornecida picada verde no cocho, para pastejo e produção de feno (Vilela e Villaça, 1998; Pereira et al., 2017; Freitas et al., 2018; Silva et al., 2020; Gravina et al., 2020). Tais características tornam esta cultura uma das mais versáteis e economicamente viáveis para alimentação dos rebanhos.

Além da grande importância para alimentação animal, nos últimos anos vem crescendo o número de estudos com a cultura do capim-elefante para outras finalidades como a produção de bioenergia (Silva et al., 2020). Essa nova finalidade surgiu em função do aumento da população e das inovações tecnológicas, que causou um aumento no consumo de energia e por consequência surgiu a necessidade de encontrar novas culturas com potencial para produção de bioenergia (Coyle e Simmons, 2014).

O capim-elefante se destaca para a produção de bioenergia em função do seu rápido crescimento aliado ao elevado teor de fibras, alta relação C/N e elevado poder calorífico (Silva et al., 2020). Quando comparado a outras culturas, como o eucalipto e a cana de açúcar, o capim-elefante se destaca por apresentar produtividades superior a estas culturas (produção de matéria seca de 46,2 t. ha $^{-1}$ ano $^{-1}$) (Pereira et al., 2016). Outra grande vantagem da cultura é a sua capacidade de ser cultivado em solos onde não é possível arar por fatores como dificuldade de acesso a maquinário, desta forma não compete com a agricultura e a produção de alimentos (Scholl et al. 2015).

Diversos estudos tem demonstrado que o capim-elefante pode ser utilizado com eficiência para a produção de energia de diferentes formas. Produção de calor no abastecimento de caldeiras, produção de energia elétrica com o intuito de diversificar a matriz elétrica nacional, produção de etanol de segunda geração e produção de biogás (SCHOLL et al., 2015; Fontoura et al., 2015; Rocha et al., 2015; Vidal et al., 2017; Andrade e Martins, 2021).

Na literatura se encontram diversos estudos com o capim-elefante sobre manejo adequado, recomendação de adubação, espaçamento a ser utilizado, irrigação e melhoramento genético (Meinerz et al., 2008; Alves et al., 2023; Gravina et al., 2020; Santana et al., 2023). Entretanto, em função das suas diferentes formas de uso é necessário estar atento a recomendação para a finalidade especifica na qual a cultura estará sendo utilizada.

As condições de cultivo e manejo para a alimentação animal e produção de energia são bem diferentes. Existem genótipos com maior aptidão para alimentação animal e outros para produção de bioenergia (Stida et al., 2018; Souza et al., 2017). Dentro de cada finalidade existem também diferenças com relação a forma que será utilizada. Visando a alimentação animal se o material for oferecido verde no cocho o manejo será diferente do

destinado para produção de silagem. A diferença de manejo será ainda maior se o capim for utilizado para formação de pastagens. Neste último caso, além das diferenças com relação ao manejo, será necessário escolher genótipos com maior aptidão para formação de pastagens.

A idade de corte também será alterada em função da finalidade do uso. Visando a alimentação animal, à medida que o acúmulo de matéria seca aumenta a qualidade nutricional decresce (Pereira et al., 2016). Para a produção de bioenergia o amadurecimento da planta propicia a lignificação dos tecidos, aumentando seu poder calorífico (Vidal et al., 2022). Deste modo, o ciclo da cultura para produção de energia é bem maior do que quando destinado a alimentação animal.

Sabendo que o capim-elefante pode ser utilizado para diferentes finalidades e o manejo da cultura precisa ser adaptado à forma de uso escolhida, o objetivo desta revisão foi perscrutar o impacto da cultura na alimentação animal e na produção de energia, as diferentes formas de utilização e tecer recomendações, com base na literatura existente, sobre o manejo adequado para cada finalidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO CAPIM-ELEFANTE

O capim-elefante pertence à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Paniceae* e gênero *Cenchrus* L.. O *Cenchrus purpureus* (Schumach.) *Morrone*, que inicialmente foi classificado taxonomicamente como *Pennisetum purpureum Schumach* (PEREIRA et al., 2016), é originário do Continente Africano e é uma espécie de capim tropical perene com ampla variação fenotípica (Vidal et al., 2021).

Descoberta pelo Coronel Napier no início do século XX, esta gramínea foi introduzida no Brasil no ano de 1920 com mudas oriundas de Cuba (Cavalcante e Lira, 2010) e após essa introdução foi disseminada pelo país. Devido ao seu elevado potencial de produção, é considerado uma das mais importantes forrageiras cultivadas no Brasil (Pereira et al., 2021).

O capim-elefante possui metabolismo C4, o que lhe confere alta produtividade de matéria seca em função da grande capacidade de fixação de CO_2 atmosférico quando em condições favoráveis como disposição de luz ambiente, chegando a produzir até 50 toneladas de matéria seca por hectare ao ano (Pereira et al., 2017). É uma planta de ciclo vegetativo perene, crescimento cespitoso, os colmos são eretos, cilíndricos e glabros, que são preenchidos por um parênquima suculento.

Com algumas plantas podendo chegar a mais de seis metros de altura, é uma forrageira que apresenta raízes grossas e muitos rizomas. Suas folhas apresentam nervura central larga e de cor clara, disposição alternada e bainha lanosa, podendo atingir até 125 cm de comprimento por 4 cm de largura. Sua inflorescência é classificada como panícula (Deresz, 1999; Pereira et al., 2016). Assim como outras forrageiras, suas características morfológicas e estruturais são resultado do desenvolvimento genético de cada genótipo específico e altamente influenciadas por fatores abióticos, como luz, temperatura, fertilidade do solo e disponibilidade hídrica (Braz et al., 2018).

O capim-elefante é propagado vegetativamente, pois, considerando que a maioria das cultivares são clones, as sementes produzidas são oriundas da autofecundação, e devido a isso, acabam gerando plantas com baixo vigor, não sendo então indicadas para plantio.

Além disso, as sementes são muito pequenas, o que dificulta a colheita (Pereira et al. 2021). Nessa forma de propagação, suas touceiras são cortadas para obtenção de pedaços de colmos, feito isto, esses pedaços são implantados no solo (Dall'agnol et al., 2004).

Se adaptando bem a diferentes condições edafoclimáticas, o capim-elefante pode ser cultivado desde o nível do mar até 2.200 metros e temperatura variando de 18 a 30 ºC. Existem cultivares adaptadas a regiões mais frias que podem suportar até geadas. Apresenta resistência a seca, no entanto, cerca de 70- 80 % de sua produção ocorre na época das águas (Freitas, 2022).

O capim-elefante pode ser cultivado em diferentes tipos de solo, com exceção às áreas de várzeas úmidas ou sujeitas a alagamentos, tendo em vista que a cultura não tolera solos encharcados (Pereira et al., 2016). Pode ser cultivada em terrenos com declives de até 25 % devido ao seu baixo controle da erosão do solo. Com relação a solos salino, não há registros de tolerância à salinidade. A fertilidade do solo, assim como a adubação, tem efeito direto na produção de forragem, sendo, portanto, considerada uma cultura exigente em relação aos nutrientes, e não tolera baixo pH e alumínio no solo (Rodrigues, 1975; Jacques, 1990; Alcântara e Bufarah, 1983).

2.2. VARIABILIDADE GENÉTICA DO CAPIM-ELEFANTE

O capim-elefante apresenta grande variabilidade em seu germoplasma, portanto existe a possibilidade de seleção de genótipos com características desejáveis de acordo com o sistema de produção ou a forma de exploração. Deste modo, a escolha do genótipo a ser utilizado na implantação da capineira é de suma importância. Existem diferenças de produtividade, nutricionais e morfofisiológicas, que irão influenciar no manejo e utilização da cultura. (Silva et al., 2021).

Os genótipos de capim-elefante foram classificados em cinco grupos morfológicos definidos como Cameroon, Merker, Anão, Napier e Híbridos. A divisão foi realizada de acordo com a época de florescimento, pilosidade da planta, diâmetro do colmo, formato da touceira, largura da folha, número e tipo de perfilhos (Bogdan, 1977; Pereira, 1993).

- Grupo Cameroon: plantas de porte ereto, colmos grossos, predominância de perfilhos basilares, folhas largas, florescimento tardio (maio a julho) ou ausente, e touceiras densas. Exemplos: Cameroon, Piracicaba, Vruckwona e Guaçu.

- Grupo Mercker: plantas de menor porte, colmos finos, folhas finas, menores e mais numerosas, e época de florescimento precoce (março a abril). Exemplos: Mercker, Mercker comum, Mercker Pinda.

- Grupo Anão: cultivares adaptadas para pastejo em função do menor comprimento dos entrenós. As plantas que apresentam porte baixo (1,5 m) e elevada relação lâmina: colmo. Exemplo: cultivar Mott.

- Grupo Napier: plantas com colmos grossos, folhas largas, época de florescimento intermediaria (abril a maio) e touceiras abertas. Exemplos: Napier, Mineiro e Taiwan A-146.

- Grupo dos Híbridos: Resultantes do cruzamento entre espécies de *Pennisetum*, principalmente *P. purpureum* e *P. americanum*.

Os genótipos de porte alto (Cameroon, Mercker, Napier e dos híbridos) apresentam padrões morfológicos comuns entre si, tais como o longo comprimento de seus colmos e por consequência, maior teor de fibras e menor digestibilidade (Pereira et al., 2017).

Souza et al. (2017) observaram menor digestibilidade in vitro da matéria seca no genótipo de porte alto CNPGL 96-27-3 (549 g kg^{-1}) do que no genótipo de porte baixo CNPGL 96-24-1 (643 g kg^{-1}). Os capins elefantes de porte alto, são, portanto, mais recomendados para a utilização como capineira, visando a alimentação dos rebanhos com o fornecimento da forragem picada verde no cocho ou na forma de silagem e também para produção de bioenergia.

Com relação aos genótipos de porte anão, a utilização desses materiais ganhou relevância nas últimas décadas (Williams & Hanna, 1995; Viana et al., 2015; Souza et al., 2017). Esses genótipos apresentam maior relação folha/colmo e maior número de entrenós, quando comparado aos genótipos altos, contribuindo para um melhor valor nutritivo quando comparado aos genótipos de porte alto (Andrade et al., 2016). Diante de tais atributos os genótipos de porte anão são preferencialmente explorados sob pastejo (Silva et al., 2021). As decisões de manejo podem e devem ser tomadas considerando o porte alto ou baixo do genótipo de capim-elefante utilizado, de modo a garantir produtividade e perenidade à cultura (Lira et al., 2010; Singh, 2013).

2.3. ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA MAXIMIZAÇÃO DO POTENCIAL PRODUTIVO DO CAPIM-ELEFANTE

O capim-elefante se destaca pela alta produção de matéria seca, composição química da forragem e menor custo de produção quando comparada a outras culturas como a cana-de-açúcar e o milho. O potencial de produção de biomassa atinge uma média de 50 t/ha/ano de matéria seca (Pereira et al., 2016).

As características morfoagronômicas e bromatológicas variam de genótipo para genótipo, entretanto, fatores como: idade, altura de corte ou pastejo, climáticos e adubação são os que mais influenciam. As principais mudanças que ocorrem com relação as características bromatológicas do capim-elefante são decorrentes de sua maturação. Com o aumento da idade da planta, o acúmulo de matéria seca aumenta, diminuindo o teor de proteína disponível e elevando o teor de fibras (Pereira et al., 2016).

Para alimentação animal a característica de maior importância é a proteína bruta. Com o aumento entre os intervalos de corte, ocorre aumento da produção de matéria seca, porém, há uma redução no valor nutricional da forragem produzida. Rodrigues Júnior et al., (2015) afirmam que altos teores de fibra em detergente neutro estão negativamente correlacionados ao consumo voluntário de matéria seca pelos animais, uma vez que este constituinte reflete diretamente a capacidade volumosa de ocupação de espaço no rúmen e passagem da digesta.

Já para a produção de energia, é desejável que os genótipos apresentem altos teores de fibra e elevado poder calorífico, para que a energia produzida seja de boa qualidade (Vidal et al., 2022). De acordo com Marafon et al., (2012), genótipos com altos teores de lignina e celulose apresentam elevado conteúdo de carbono, o que confere um alto poder calorífico.

Deste modo, para atingir bons resultados, é necessário que o manejo seja condizente com os objetivos propostos, requerendo então a manipulação dos fatores capazes de alterar o

potencial produtivo para garantir a maximização dos ganhos. Zailan et al., (2016) avaliaram quatro cultivares de capim elefante (Common, Silver, Red e Dwarf Napier) com três intervalos de corte de 4, 6 e 8 semanas. Os resultados obtidos denotam que o aumento do intervalo entre os cortes propiciou o aumento da produção de matéria seca, maior lignificação dos tecidos, aumento do teor de fibras e redução no conteúdo de compostos como a proteína, além da redução da digestibilidade.

Visando a alimentação animal, Pereira et al., (2016), recomendam para a cultivar de capim-elefante, BRS Capiaçu, na forma de capineira para ser oferecido picado verde no cocho, que o corte seja realizado quando a planta atingir de 2,5 - 3,0 m de altura (aproximadamente; 50-70 dias; na estação das águas). Neste estádio de desenvolvimento obtém-se uma produtividade média de 5,1t. há$^{-1}$ de matéria seca.

Freitas (2022), ao avaliar 12 genótipos de capim-elefante em quatro idades de corte (7, 9, 11 e 13 semanas) verificou que na região norte do estado do Rio de Janeiro, o corte das capineiras de capim-elefante no verão deve ser realizado com sete semanas e no inverno com nove semanas para obter maiores ganhos em rendimento animal em função do maior valor nutritivo e produção das forragens. No verão, com sete semanas, a produção de matéria seca média obtida entre os genótipos foi de 12 t. há$^{-1}$. Já no inverno, na idade de nove semanas, conforme recomendado, a produção de matéria seca média obtida foi de 5 t. há$^{-1}$. Em ambas as épocas, seguindo a recomendação da idade ideal de corte, o teor de proteína bruta variou de 9,0 a 7,3%.

Para ensilagem, a idade de corte deve ser maior do que quando a capineira é utilizada para o fornecimento verde. Por se tratar de uma cultura com baixos teores de matéria seca quando a planta é jovem, com o intuito de evitar prejuízos na fermentação durante a ensilagem e, consequentemente a perda por efluentes, recomenda-se que a colheita seja feita com a planta mais madura, ou seja, quando atingir altura média de 3,5 a 4,0 m, atingida aproximadamente por volta de 90-110 dias de idade de rebrota (Pereira et al., 2016).

Para a utilização do capim-elefante para pastagem, outras variáveis devem ser levadas em consideração, como a altura de entrada e saída do rebanho e o tempo de ocupação. Segundo Gomide et al., (2015) ao avaliar o genótipo BRS Kurumi para uso na forma de pastagem, o melhor manejo deve permitir um pré-pastejo de aproximadamente 75 cm de altura do dossel e 30 cm de altura pós-pastejo.

Quando a finalidade de uso do capim-elefante for a produção de energia, o intervalo entre os cortes deve ser maior. É desejável realizar a colheita quando as plantas atingirem alto teor de fibras. É necessário estabelecer o intervalo ideal, tendo em vista que as forrageiras apresentam vários estágios de crescimento. O crescimento inicial é lento, seguido de um período no qual o crescimento é linear com o tempo, e, posteriormente, ocorre um declínio, quando as folhas superiores das pastagens impedem que as inferiores recebam luz para fotossintetizarem eficientemente (Escuder, 1980).

Outra característica importante quando se objetiva a produção de energia, é pela escolha de genótipos que apresentem florescimento tardio. As alterações fisiológicas causadas pelo processo de florescimento fazem com que a planta direcione grande parte dos seus fotoassimilados para o desenvolvimento da inflorescência, diminuindo a disponibilidade de fotoassimilados em outras partes das plantas como na parte foliar, que desempenha papel fundamental na produção (Gonçalves e Quadros, 2003), resultando numa menor produção de biomassa após o florescimento.

Vidal et al., (2022) ao avaliar as características morfoagronômicas de oito genótipos de capim-elefante em seis idades de corte (2, 4, 6, 8, 10 e 12 meses), nas condições edafoclimáticas. do norte do estado do Rio de Janeiro, concluíram que o corte realizado aos 10 meses é o mais eficiente, resultando em maior produtividade de biomassa energética.

2.4. FORMAS DE UTILIZAÇÃO DO CAPIM-ELEFANTE PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

O capim-elefante pode ser utilizado para diferentes finalidades, entre elas capineira, na forma de silagem ou fornecido picado verde no cocho e para pastejo (Vilela e Villaça, 1998; Pereira et al., 2017; Freitas et al., 2018; Silva et al., 2020; Gravina et al., 2020).

A capineira é uma área, geralmente pequena, cultivada com gramíneas de elevado potencial de produção de forragem que serão cortadas e picadas para fornecer aos animais. A capineira é a forma mais comum de utilização do capim-elefante, constituindo importante recurso forrageiro para suplementação volumosa na estação seca na maioria das pequenas propriedades. De acordo com Cóser et al. (1999), um hectare de capineira é capaz de produzir forragem para alimentar dez vacas de leite durante 120 dias, exclusivamente com forragem picada, com produção diária de leite em torno de 6 kg por vaca.

Stida et al., (2018), ao avaliar 80 genótipos de capim-elefante com 12 semanas na época seca obteve uma média de 10,95 $t.ha^{-1}$ de matéria seca. Já no verão, foi observado maiores valores para produção de matéria seca em relação às obtidas durante o inverno, o que está diretamente relacionado à variação pluviométrica. Tal fato aconteceu porque, embora o objetivo principal da capineira seja o de fornecer alimento volumoso durante a estação seca, o rendimento nesse período representa apenas 15% do potencial de produção anual. Uma forma de contornar esse entrave e resolver a problemática da baixa oferta de forragem durante a estação seca, é com a realização da ensilagem do excedente da produção da estação chuvosa (Bonfá et al., 2015). Pois, para a utilização eficiente das capineiras é necessário que o capim seja cortado em épocas apropriadas, e assim, produzam forragem de boa qualidade e alto desempenho.

Na literatura é encontrada uma grande variação com relação a composição química da silagem de capim elefante. Foi observada uma variação entre 17,2 e 45,0 % para matéria seca; 3,2 e 6,2% para proteína bruta; 71,2 e 79,4% para fibra em detergente neutro; 39,8 e 48,5% para fibra em detergente ácido; e 43,1 e 61,3% para digestibilidade in vitro da matéria seca (Ferreira et al., 2014; Bonfá et al., 2015). Embora esses resultados sejam inferiores aos teores de proteína bruta das silagens de milho e sorgo, à maior produtividade de biomassa do capim-elefante, torna as quantidades de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais produzidas por áreas maiores (Pereira et al., 2016).

A intensificação da produção de leite a pasto, a partir da década de 1980, implicou o uso de forrageiras com elevado potencial de produção de matéria seca, sendo o capim-elefante uma das primeiras forrageiras utilizadas com esse objetivo. Posteriormente, gramíneas do gênero *Cynodon* e *Panicum*, além da *Urochloa brizantha*, passaram a ser testadas sob manejo intensivo com vacas leiteiras (Pereira et a., 2016). Genótipos anões geralmente apresentam maior relação folha-colmo (RFC) e, consequentemente, maior valor nutritivo quando comparados aos genótipos de porte alto (Souza et al., 2017; Viana et al., 2018).

A BRS Kurumi foi lançada em 2012 como alternativa para intensificação da produção de leite a pasto devido, principalmente, à excelente estrutura do pasto, com elevada proporção de folhas e pequeno alongamento dos colmos. Além disso, essa forrageira se destaca pelo elevado valor nutritivo da forragem, com altos teores de proteína bruta, nutrientes digestíveis totais e elevada digestibilidade.

Paciullo et al., (2015), utilizando as metodologias de utilização propostas por Gomide et al., (2015), avaliando os genótipos BRS Kurumi, clone CNPGL 00-1-3 e Napier sob manejo a pasto, utilizando-se novilhas com composições genéticas variando de 1/2 a 3/4 Holandês x Zebu, ciclo de pastejo de 24 dias e período de ocupação dos piquetes de quatro dias concluiu que os três genótipos avaliados se destacaram pelo elevado valor nutritivo, caracterizado pelos altos teores de proteína bruta e baixos teores de fibra, impactando positivamente no desempenho individual das novilhas em pastejo. A cultivar BRS Kurumi destacou-se dos demais devido à maior densidade volumétrica de folhas, elevados níveis de digestibilidade da matéria seca, baixos teores de fibra em detergente neutro e à maior facilidade de manejo, por causa do baixo alongamento de colmos.

2.5. FORMAS DE UTILIZAÇÃO DO CAPIM-ELEFANTE PARA PRODUÇÃO DE BIOENERGIA

A busca crescente por fontes alternativas para as energias fósseis tornou-se uma questão crucial para o futuro do desenvolvimento econômico e da sustentabilidade do planeta (Greenstone, 2018). Entre as soluções possíveis, a utilização da biomassa se destaca como oportunidade a médio e longo prazo, especialmente no Brasil, que dispõe de área em quantidade suficiente e condições climáticas favoráveis para alcançar uma produção significativa (Mellor et al., 2021).

Uma das principais vantagens do uso da biomassa vegetal para a utilização como fonte alternativa de energia é o fato dela ser uma fonte renovável e limpa, quando comparada aos combustíveis fósseis. Além disso, tem baixo custo de produção e tem alto potencial para o sequestro de carbono, uma vez que o CO_2 emitido é absorvido novamente durante a fotossíntese (Fontoura et al., 2015; De Favare et al., 2019).

A utilização de um determinado genótipo para fins energéticos deve basear-se principalmente no conhecimento do seu poder calorífico e do seu rendimento de biomassa. Embora a qualidade das matérias-primas tenha um impacto significativo na conversão de bioenergia, o maior impulsionador económico da produção de matérias-primas é o rendimento da biomassa. À medida que o rendimento da biomassa por unidade de área aumenta, as despesas de transporte e a procura de terras aráveis diminuem, levando a um aumento nos retornos económicos (Anderson et al., 2016).

Uma das principais espécies vegetais para essa finalidade é o capim-elefante, pela alta produtividade, qualidade da biomassa e menor demanda de insumos para produção (Silva et al., 2020). Vale ressaltar que o capim elefante apresenta alta taxa de crescimento, 40 $t.ha^{-1}$ de biomassa seca por ano (Strezov et al. , 2008). Essa taxa é superior às obtidas para cana-de-açúcar e milho, que são de aproximadamente 21 $t.ha^{-1}$ (açúcar e bagaço) e 13 $t.ha^{-1}$ (grãos e palha), respectivamente (Somerville et al . , 2010).

Uma das formas de utilização da biomassa do capim-elefante é para produção de biogás. A digestão anaeróbica (AD) é um processo biológico realizado na ausência de oxigênio em que a matéria orgânica é metabolizada por um sortimento de microrganismos com a

produção de biogás (cerca de 50 à 75% de metano e 50 à 25% de dióxido de carbono) (Michalska et al., 2015; Mata-Alvarez et al., 2014).

Este processo de bioconversão é amplamente utilizado para tratar lodos de águas residuais, industriais e resíduos agrícolas, proporcionando remoção de volume e massa de até 50% do material de entrada (Di Maria e Micale, 2016). Diferentes estratégias têm sido propostas para aumentar a produção de biogás e otimizar a digestão anaeróbica, entre elas a adição de um segundo substrato para co-digestão anaeróbica (Appels et al., 2008; Peces et al., 2015). O segundo substrato precisa ter uma relação C/N relativamente baixa e alta capacidade tampão (Astals et al., 2013; Silvestre et al., 2011; Kumar et al., 2009).

A biomassa do capim-elefante, devido à sua natureza renovável e conversão líquida de energia neutra em carbono, foi considerada uma fonte de energia promissora. Carvalho et al (2016) ao avaliar o efeito da incorporação de capim-elefante como co-substrato, após um pré-tratamento mecânico-térmico-químico concluiu que o capim-elefante, após pré-tratamento, é um co-substrato adequado para a digestão anaeróbia, propiciando um aumento de 62% no rendimento de metano.

Outra forma de utilizar biomassa do capim-elefante é visando a produção de pellets e briquetes. Os pellets possuem formato cilíndrico, com 6–8 mm de diâmetro e 18–24 mm de comprimento, fabricado a partir de material de biomassa pulverizada por meio de rolo e matriz com furos. Devido ao seu baixo teor de umidade, é menos sujeito ao ataque de insetos e patógenos. Por outro lado, combina a vantagem do manuseio simplificado do material a granel com a alta densidade dos produtos adensados (Bajwa et al., 2018).

Bueno et al., (2020), avaliando o efeito da aplicação de nitrogênio na produção de biomassa e nas características energéticas do capim-elefante sem prensar e prensado (briquetes) cultivado em condições tropicais durante duas colheitas consecutivas concluiu que o capim-elefante apresentou alto poder calorífico, teor de cinzas, e densidade aparente e energética que o tornam adequado para uso como recurso energético na forma fresca. No entanto, a produção de briquetes melhoraram suas características energéticas, sendo esta forma mais recomendada.

O capim-elefante também apresenta potencial para ser utilizado como matéria-prima promissora para a produção de etanol de segunda geração (Fontoura et al., 2015). Campos et al., (2019), avaliando a capacidade de produção de etanol com capim-elefante pela levedura termotolerante *Kluyveromyces marxianus* CCT 7735, concluiu que o capim-elefante é uma matéria-prima promissora para a produção de etanol de segunda geração, pois as concentrações de etanol obtidas foram superiores às obtidas a partir de outras biomassas lignocelulósicas.

3. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi exposto nesta revisão, é notável que o capim-elefante é uma planta exótica que se adaptou com sucesso ao ambiente brasileiro. Devido sua capacidade de crescimento rápido, alta produtividade, resistência à seca e capacidade de crescer em uma variedade de tipos de solo tornou-se uma opção atraente para áreas com condições climáticas variadas, desde o semiárido nordestino até as regiões mais úmidas do país.

A variabilidade genética do capim-elefante é alta e por isso possibilita sua adaptação as diferentes condições ambientais e sua utilização em diferentes sistemas de produção agrícola e pecuária. A compreensão e a preservação dessa variabilidade são essenciais para garantir a sustentabilidade e a eficiência da utilização dessa importante espécie forrageira e de biomassa.

Quando o capim-elefante é cultivado para alimentação animal, a seleção genética pode ser direcionada para características como teor de proteína, digestibilidade, palatabilidade e teor de fibras. Genótipos de capim-elefante destinados ao pastejo direto podem ser selecionados com base em sua capacidade de rebrota rápida, resistência ao pisoteio, e tolerância a diferentes práticas de manejo, como o pastejo rotativo. Para a produção de energia, a seleção genética pode ser voltada para características que maximizem a produção de biomassa, como teor de fibras e poder calorifico.

Para maximizar o potencial produtivo do capim-elefante, é essencial implementar estratégias de manejo adequadas. Visando a alimentação animal, é crucial realizar a colheita do capim-elefante no momento adequado, quando a planta estiver no estágio de crescimento ideal para maximizar a qualidade e a quantidade de forragem. O corte da capineira com idade maior do que o recomendado, apesar de proporcionar maior produção de matéria seca, reduz o valor nutritivo da forragem.

Para produção de silagens o tempo de corte necessita ser um pouco maior do que para o fornecimento verde, com intuito de aumentar a porcentagem de matéria seca e melhorar o padrão fermentativo da silagem. Para formação de pastagens deve-se priorizar genótipos de porte anão e implementar práticas de pastejo rotativo para promover o crescimento uniforme do capim-elefante além de estabelecer taxas de lotação e realizar o manejo do pastejo de forma estratégica, permitindo períodos de descanso para a regeneração da pastagem.

Para a utilização do capim-elefante como biomassa energética, é recomendável adotar estratégias específicas de manejo que visem maximizar a produção de biomassa e prolongar o período vegetativo das plantas. O aumento do intervalo entre os cortes, possibilita que as plantas atinjam maior altura e acumulem mais biomassa antes da colheita. O intervalo entre os cortes pode variar dependendo das condições locais, da fertilidade do solo e do clima, mas de acordo com a literatura, é recomendado um intervalo de 10 meses para maximizar a produção de biomassa. A escolha de genótipos de capim-elefante com florescimento tardio também é uma importante estratégia para prolongar o período vegetativo das plantas e maximizar a produção de biomassa.

Na alimentação animal, o capim-elefante é frequentemente utilizado em capineiras, onde é colhido e picado verde para ser oferecido diretamente no cocho, garantindo uma fonte de alimento rica em fibras e nutrientes. Esta prática é vantajosa por permitir o fornecimento de forragem de alta qualidade durante todo o ano, especialmente em períodos de seca, quando outras fontes de alimento são escassas.

Outra forma de utilização é a produção de silagem. A silagem de capim-elefante é especialmente útil em propriedades que necessitam de um estoque de alimento com alta densidade energética e fácil digestibilidade, permitindo a manutenção da produção animal mesmo em períodos de baixa disponibilidade de pastagens.

Além do uso direto como alimento, o capim-elefante pode ser aproveitado em sistemas de pasto rotacionado, onde os animais são alternados entre diferentes áreas de pastagem, permitindo a recuperação do capim e a manutenção de sua qualidade nutricional ao longo

do tempo. Este manejo intensivo contribui para uma maior eficiência na produção de carne e leite, aumentando a sustentabilidade do sistema.

Na produção de energia, o capim-elefante pode ser utilizado para a produção de biogás através da digestão anaeróbica. O biogás produzido pode ser utilizado como combustível para geração de eletricidade ou calor, contribuindo para a diversificação da matriz energética e a redução da dependência de combustíveis fósseis. Outra aplicação energética do capim-elefante é a fabricação de pellets e briquetes, que são biocombustíveis sólidos feitos a partir da compactação da biomassa. Estes combustíveis são utilizados em caldeiras e fogões, oferecendo uma alternativa renovável e sustentável ao uso de lenha e carvão. A produção de etanol é mais uma possibilidade, onde o material lignocelulósico do capim-elefante é convertido em etanol através de processos bioquímicos, como a hidrólise enzimática seguida de fermentação. Este biocombustível pode ser utilizado em veículos, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Portanto, o capim-elefante, devido à sua versatilidade e alta produtividade, desempenha um papel crucial tanto na alimentação animal quanto na produção de energia sustentável, oferecendo soluções para o agronegócio e contribuindo para um desenvolvimento mais equilibrado e ecológico.

Dada a multifuncionalidade do capim-elefante na alimentação animal e na produção de energia, recomenda-se que futuras pesquisas se concentrem em aprimorar técnicas de manejo, colheita e processamento para maximizar sua eficiência e sustentabilidade. Estudos de melhoramento genético poderiam levar ao desenvolvimento de genótipos com maior resistência a condições climáticas adversas, além de otimizar seu valor nutricional e energético. Além disso, pesquisas sobre a integração de sistemas agroenergéticos e a viabilidade econômica de biocombustíveis derivados do capim-elefante podem proporcionar novas oportunidades para o setor agrícola e contribuir significativamente para a redução da emissão de gases de efeito estufa. Investigações contínuas nessa área são essenciais para explorar todo o potencial do capim-elefante e promover um uso mais sustentável e inovador desta importante cultura.

REFERÊNCIAS

[1] ALCÂNTARA, Paulo Bardauil, BUFARAH, Gilberto. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. São Paulo, Editora Nobel, 2ª ed., 1983, 150p.

[2] ALVES, J. P., MENDES, S. S., GALEANO, E. S. J., ORRICO JUNIOR, M. A. P., FERNANDES, T., RETORE, M., ORRICO, A. C. A., & LOPES, L. S. Yield, chemical composition, and efficiency of utilization of applied nitrogen from BRS Kurumi pastures. **Ciência Rural**, v. 53, n. 1, p. 21-46. 2023.

[3] ANDERSON, W. F., SARATH, G., EDME, S., CASLER, M.D., MITCHELL, R.B., TOBIAS, C. M., ET AL. Dedicated Herbaceous Biomass Feedstock Genetics and Development. **Bioenergy Research,** v. 9, p. 399 - 411. 2016.

[4] ANDRADE, D. A. S. E., MARTINS, L. O. S. Estimativa Teórica do Potencial de Geração de Energia Elétrica a partir de Cana-deAçúcar, Capim Elefante e Coco da Bahia no Brasil. **Revista Textura**, v. 14, n. 2, p. 38–58. 2021.

[5] ANDRADE, E. A., ALMEIDA, E. X., RAUPP, G. T., MIGUEL, M. F., DE LIZ, D. M., CARVALHO, P. C., BAYER, C., & RIBEIRO-FILHO, H. M. Herbage intake, methane emissions and animal performance of steers grazing dwarf elephant grass with or without access to Arachis pintoi pastures. **Animal: an international journal of animal bioscience**, v. 10, n. 10, p. 1684-1688, 2016.

[6] APPELS, Lise, BAEYENS, Jan, DEGRÈVE, Jan, DEWIL, Raf. Principles and potential of the anaerobic

digestion of waste-activated sludge, **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 34, n. 6, p. 755-781, december 2008.

[7] ASTALS, Sergi, ESTEBAN-GUTIERREZ, Myriam, FERNÁNDEZ-ARÉVALO, Tamara, AYMERICH, E., GARCÍA-HERAS, Jaime L., e MATA-ALVAREZ, J. Mata. Anaerobic digestion of seven diferent sewage sludges: a biodegradability and modeling study. **Water Research**, v. 47, i 16, p. 6033-6043 october 2013.

[8] BAJWA, Dilpreet S. PETERSON, Tyler. SHARMA, Neeta. SHOJAEIARANI, Jamileh. BAJWA, Sreekala Gopalapillai. A review of densified solid biomass for energy production, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 96, p. 296-305, november 2018.

[9] BOGDAN, A. V. **Tropical pasture and fodder plants (grasses and legumes)**. Tropical Agricultural Series. London: Longman. 1977. 475 p.

[10] BONFÁ, C. S., CASTRO, G. H. F., VILLELA, S. D. J., SANTOS, R. A., EVANGELISTA, A. R., JAYME, C. G., GONÇALVES, L. C., PIRES NETO, O. S., & BARBOSA, J. A. S. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de maracujá. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 3, p. 801-808. 2015.

[11] BRAZ H. N. R., MAGALHÃES, J. A., SANTOS, F. J. S., ANDRADE. A. C., FOGAÇA, F. H. S., COSTA, N. L., NETO, R. B. A. **Produção e composição química do capim-elefante irrigado e adubado, sob sombreamento de coqueiros** - Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2018. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio-Norte, ISSN 1413-1455; 118).

[12] BUENO, Amanda Magalhães. ANDRADE, Aline Franciel de. VIÇOSI, Karen Andreon. FLORES, Rilner Alves. SETTE JR., Carlos Roberto. CUNHA, Thammi Queuri Gomes da, SANTOS, Glenio Guimarães. Does Nitrogen Application Improve Elephant Grass Yield and Energetic Characteristics of Biofuels?, **BioEnergy Research**, v. 14, p. 774-784, October 2020.

[13] CAMPOS, Breno B., DINIZ, Raphael, H. S., SILVEIRA, Fernando A. da, RIBEIRO, José I., FIETTO, Luciano G., MACHADO, Juarez C., SILVEIRA, Wendel B. Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) is a promising feedstock for ethanol production by the thermotolerant yeast *Kluyveromyces marxianus* CCT 7735. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**. v. 36, n. 01, p. 43-49, January/March, 2019.

[14] CARVALHO, Ana R., FRAGOSO, R., GOMINHO, J., SARAIVA, A., COSTA, R., DUARTE, Elizabeth. Water-energy nexus: Anaerobic co-digestion with elephant grass hydrolyzate. **Journal of Environmental Management**, v. 181, p. 48-53. October 2016.

[15] CARVALHO, M. M., ALVIM, M. J., XAVIER, D. J., CARVALHO, L. de A. **Capim elefante: Produção e utilização**. Juiz de Fora: Embrapa, 1997, p.31-46.

[16] CAVALCANTE, Marcelo, LIRA, Mário de Andrade. Variabilidade genética em *Pennisetum purpureum* Schumacher. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 153-163. Junho 2010.

[17] CÓSER, Antônio Carlos, MARTINS, Carlos Eugênio, CRUZ FILHO, A. D. Manejo correto de uma capineira de capim-elefante. **A Lavoura**, v. 102, n. 629, p. 29-31, 1999.

[18] COYLE, Eugene D., SIMMONS, Richard A. **Understanding the global energy crisis.** Indiana: Purdue University Press, 2014. 321 páginas. Environmental Science Spring.

[19] DALL'AGNOL, Miguel, SCHEFFER-BASSO, Simone Meredith, NASCIMENTO, João Antônio L. Do, SILVEIRA, Carlos A. M., FISCHER, Ricardo G. Produção de Forragem de Capim-Elefante sob Clima Frio. Curva de Crescimento e Valor Nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 33, n. 5, p. 1110-1117. Outubro 2004.

[20] DE FAVARE, H. G., DE ABREU, J. G., DE BARROS, L. V., DA SILVA, F. G., FERREIRA, L. M. M., BARELLI, M. A. A., NETO, I. M. S., CABRAL, C. E. A., PEIXOTO, W. M., CAMPOS, F. I. S., LEDO, F. J. S., DA SILVA, V. Q. R., JUNIOR, C. A. S. Bromatological composition of elephant grass genotypes for bioenergy production. **Journal of Experimental Agriculture International,** v. 38, n. 2, p. 1–12. June 2019.

[21] DERESZ, Fermino. **Utilização do capim-elefante sob pastejo rotativo para produção de leite e carne.** Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1999. 29p. (Circular técnica 54).

[22] DI MARIA, Francesco, MICALE, Caternia. Energetic potential of the co-digestion of sludge with bio-waste in existing wastewater treatment plant digesters: A case study of an Italian province. **Energy**. v. 136, p. 110-116. 2016.

[23] ESCUDER, C. J.; PIZARRO, E. A. Valor nutritivo das pastagens. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte: Epagri-Sede, v. 6, n. 70, p. 58-60, outubro 1980.

[24] FERREIRA, Nathália de Lima. **Pirólise da biomassa lignocelulósica utilizando diferentes catalisadores para produção de bio-óleo**. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 120p. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

[25] FONTOURA, Carlos Frederico, BRANDÃO, Luiz E., GOMES, Leonardo Lima. Elephant grass biorefineries: towards a cleaner Brazilian energy matrix? **Journal of Cleaner Production,** v. 96, p 85–93. June 2015.

[26] FREITAS, Rafael Souza, BARBÉ, Tatiane da Costa, DAHER, Rogério Figueiredo, VIDAL, Ana Kesia Faria, STIDA, Wanessa Francesconi, DA SILVA, Veronica Brito, MENEZES, Bruna Rafaela da Silva, PEREIRA, Antônio Vander. Chemical Composition and Energy Yield of Elephant-Grass Biomass as Function of Five Different Production Ages. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 343-353. 2018.

[27] FREITAS, Rafael Souza. **Produtividade e valor nutricional de genótipos de capim-elefante em diferentes idades de corte**. Campos dos Goytacazes, UENF, 2022. 76 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2022.

[28] GOMIDE, Carlos, CHAVES, Carla Silva, RIBEIRO, Karina Guimaraes, SOLLENBERGER, Lynn E., PACIULLO, Domingos, PEREIRA, Tatiana P., MORENZ, Mirton José Frota. Structural traits of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) genotypes under rotational stocking strategies. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 32, n. 1, p. 51-57, 2015.

[29] GONÇALVES, Edna Nunes; QUADROS, Fernando Luiz Ferreira. Morfogênese de milheto (*Pennisetum americanum* L. Leeke) em pastejo com terneiras, recebendo ou não suplementação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1123 – 1128, nov-dez 2003.

[30] GRAVINA, Lilia M., OLIVEIRA, Tâmara Rebecca A., DAHER, Rogério F., GRAVINA, Geraldo A., VIDAL, Ana Kesia V., STIDA, Wanessa F., CRUZ, Derivaldo P., DE SANT'ANNA, Camila Q.S.S., ROCHA, Richardson S., PEREIRA, Antonio V., GUSTAVO, Gustavo, Hugo F. de O. Multivariate analysis in the selection of elephant grass genotypes for biomass production. **Renewable Energy**, v. 160, p 1265–1268, november 2020.

[31] GREENSTONE, Michael, FAN, Claire Qing. Introducing the air quality life index. **AQLI Annual Report.** Energy Policy Institute at the University of Chicago, p. 34. November 2018.

[32] JACQUES, A. V. A. Fisiologia do crescimento do capim-elefante. In: Simpósio de capim elefante, 1990, Juiz de Fora, **Anais**... Coronel Pacheco, MG; EMBRAPA-CNPGL, 1990. p. 23-34.

[33] KUMAR, Parveen, BARRETT, Diane, DELWICHE, Michael, STROEVE, Pieter. Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production. **Ind. Eng. Chem. Res**, v. 48, n. 8, p. 3713-3729, march 2009.

[34] LIRA, Mário Andrade. et al. Melhoramento genético do capim-elefante. In: LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; MELLO, A.C.L. (Eds.). **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife: IPA/UFRPE, 2010, p.31-511.

[35] MARAFON, Anderson Carlos, CÂMARA, Tassiano Maxwel Marinho, SANTIAGO, Antonio Dias, RANGEL, José Henrique de Albuquerque**. Cenário energético brasileiro e o potencial do capim-elefante como fonte de matéria-prima para a produção de energia renovável** – EMBRAPA – Tabuleiros Costeiros – 2012. Disponível em https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1014564/1/06Cenarioenergetico.pdf. Acesso em: 04 mar. 2024.

[36] MATA-ALVAREZ, J., DOSTA, J., ROMERO-GÜIZA, MS, FONOLL, X., PECES, M., ASTAL, S. A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. **Renewable and Sustainable Energy Reviews,** v. 36, p. 412-427. 2014.

[37] MEINERZ, Gilmar Roberto; OLIVO, Clair Jorge; ZIECH, Magnos Fernando; AGNOLIN, Carlos Alberto; DULLIUS, Ana Paula; MORAES, Ricardo da Silveira. Composição nutricional de pastagens de capim-Elefante submetido a duas estratégias de manejo em pastejo. **Acta Scientiarum**. **Animal Science**, v. 30, n. 4, p. 379 – 385. 2008.

[38] MELLOR, P., LORD, R.A., JOÃO, E., THOMAS, R., HURSTHOUSE, A. Identifying non-agricultural marginal lands as a route to sustainable bioenergy provision-a review and holistic definition. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 135, p. 11-22. 2021.

[39] MICHALSKA, Karina, BIZUKOJC, Marcin, LEDAKOWICZ, Stanistaw. Pretreatment of energy crops with sodium hydroxide and cellulolytic enzymes to increase biogas production. **Biomass and Bioenergy,** v. 80, p. 213-221. 2015.

[40] PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. de M.; MORENZ, M. J. F.; ANDRADE, D. F. de A. A.; ANDRADE, P. J. M.; LEDO, F. J. da S.; PEREIRA, A. V. **Características do pasto e desempenho de novilhas leiteiras em pastagem de capim-elefante cv. BRS Kurumi.** Boletim técnico, n. 35, 19 p., 2015.

[41] PECES, M., ASTALS, S., MATA-ALVAREZ, J. Effect of moisture on pretreatment ef ficiency for anaerobic digestion of lignocellulosic substrates. **Waste Management,** v. 46, p. 189-196, december 2015.

[42] PEREIRA, Antonio Vander, DA SILVA LÉDO, Francisco José, MACHADO, Juarez Campolina. BRS Kurumi and BRS Capiaçu - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 59–62. 2017.

[43] PEREIRA, Antonio Vander, et al. Capim-elefante: Versatilidades de usos na pecuária de leite. In: VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. (Ed.). **Pecuária de Leite no Brasil: Cenários e Avanços Tecnológicos**. 1.ed. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, 2016, p.187-211.

[44] PEREIRA, Antonio Vander, LIRA, Mário de Andrade, MACHADO, Juarez Campolina, GOMIDE, Carlos Augusto de Miranda, MARTINS, Carlos Eugênio, LÉDO, Francisco José da Silva, DAHER, Rogério Figueiredo. Elephantgrass, a tropical grass for cutting and grazing. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.16, n.3, p.1-13, 2021.

[45] PEREIRA, Antonio Vander, MACHADO, Marco Antonio, AZEVEDO, Ana Luisa Sousa, DO NASCIMENTO, Carlos Souza, CAMPOS, Ana Lúcia, DA SILVA LÉDO, Francisco José. Diversidade genética entre acessos de capim-elefante obtida com marcadores moleculares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1216-1221. 2008.

[46] PEREIRA, Antonio Vander. **Escolha de variedades de capim-elefante. In: Simpósio sobre manejo de pastagem**, 10, 1993, Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1993. p. 45-62.

[47] ROCHA, Avelino dos Santos, DAHER, Rogério Figueiredo, GRAVINA, Geraldo de Amaral, PEREIRA, Antônio Vander, RODRIGUES, Erina Vitório, VIANA, Alexandre Pio, DA SILVA, Vanessa Quitete Ribeiro, AMARAL JR, Antônio Teixeira, NOVO, Antônio Alonso Cecon, OLIVEIRA, Maria Lorraine Fonseca e OLIVEIRA, Erik da Silva. Comparison of stability methods in elephantgrass genotypes for energy purposes. **African Journal of Agricultural Research**, v.10 (47), p. 4283-4294. November 2015.

[48] RODRIGUES JÚNIOR, C.T.R.; CARNEIRO, M.S.S.; PEREIRA, E.S.; RODRIGUES, B.H.N.; COSTA, N.L.; PINTO, M.S.C.; ANDRADE, A.C.; PINTO, A.P.; FOGAÇA, F.H.S.; CASTRO, K.N.C. Produção e composição bromatológica do capim Marandu em diferentes épocas de diferimento e utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.3, p.2141- 2154, 2015.

[49] RODRIGUES, L. R. de A., PEDREIRA, J. V. S., MATTOS H. B. de. Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras. **Zootecnia**, Nova Odessa, v.13, n.4, p. 201-218, 1975.

[50] SANTANA, J. G. S., FARIA J. E. C., DAHER, R. F., AMBRÓSIO, M., LEITE, C. L., VIDAL, A. K. F., NASCIMENTO, M. R., SOUZA, A. G. Estimation of genetic diversity in full-sib families of elephant grass *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 53, p. 1-10, 2023.

[51] SCHOLL, A.L., MENEGOL, D., PITARELO, A.P., FONTANA, R.C., FILHO, A.Z., RAMOS, L.P., DILLON, A. J.P., CAMASSOLA, M. Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) pretreated via steam explosion as a carbon source for cellulases and xylanases in submerged cultivation. **Industrial Crops and Products**, v.70, p.280- 291, 2015.

[52] SILVA, Hiran Marcelo Siqueira da, DUBEUX JR, José Carlos Batista, SILVEIRA, Maria Lúcia, FREITAS, Erinaldo Viana de, SANTOS, Mércia Virginia Ferreira dos, LIRA, Mário de Andrade. Stocking rate and nitrogen fertilization affect root decomposition of elephantgrass. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 4, p.1331-1338, july 2015.

[53] SILVA, P. H. F.; SALES, T. B.; LEMOS, M. F.; SILVA, M. C.; RIBEIRO, R. E. P.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V. Tall and short-sized elephant grass genotypes: morphophysiological aspects cut-

and-carry, and grazing management. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 51, n. 9, e20200848, 2021.

[54] SILVA, V.B., DAHER, R.F., DE SOUZA, Y.P., DA SILVA, B.R.,M. SANTOS, E.A., FREITAS, R.S., DA SILVA, E.O., STIDA, W.S. CASSARO, S. Assessment of energy production in full-sibling families of elephant grass by mixed models. **Renewable Energy**, v. 146, p. 744–749. 2020.

[55] SILVESTRE, G., RODRÍGUEZ-ABALDE, A., FERNANDEZ, B., FLOTATS, X., BONMATÍ, A. Biomass adaptation over anaerobic co-digestion of sewage sludge and trapped grease waste. **Bioresour Technol**, v. 102, p. 6830-6836. 2011.

[56] SINGH, B. P. **Biofuel crops: production, physiology and genetics**. (Ed). Oxford, UK: CABI,. 2013. 525p.

[57] SOMERVILLE, Chris, YOUNGS, Heather, TAYLOR, Caroline, DAVIS, Sarah C. e LONG, Sthephen P. Feedstocks for lignocellulosic biofuels. **Science**, v. 329, p. 790-792, 2010.

[58] SOUZA, Y.P., DAHER, R.F., PEREIRA, A.V., SILVA, V.B., FREITAS, R.S., GRAVINA, G.A. Repeatability and minimum number of evaluations for morphoagronomic characters of elephant-grass for energy purposes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 391 - 397. 2017.

[59] STIDA, W.F., DAHER, R.F., VIANA, A.P., VIDAL, A.K.F., FREITAS, R.S., DA SILVA, V.B., PEREIRA, A.V., CASSARO, S., MENEZES, B.R.S., FURLANI, E.P. Estimation of genetic parameters and selection of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) for forage production using mixed models. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 78, p. 198 - 204, 2018.

[60] STREZOV, Vladimir, EVANS, Tim J., HAYMAN, Chris. Thermal conversion of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) to bio-gas, bio-oil and charcoal. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8394 - 8399, 2008.

[61] VIANA, Bruno L. Mello, ALEXANDRE C. L. de, LIRA, Mario de A., GUIM, Adriana, DUBEUX, José C. B. Jr., SANTOS, Mércia V. F. dos, CUNHA, Márcio V. da. Adaptability and stability analysis for selection of elephantgrass clones under grazing. **Crop Science**, v. 55, n. 2, p. 950 - 957, 2015.

[62] VIANA, Bruno Leal, MELLO, Alexandre Carneiro Leão de, GUIM, Adriana, LIRA, Mário de Andrade, DUBEUX, José C. B. Jr, SANTOS, Mércia V. F. dos, CUNHA, Márcio V. da. Morphological characteristics and proportion of leaf blade tissues of elephant grass clones under sheep grazing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 53, n. 11, p. 1268 - 1275, 2018.

[63] VIDAL, A. K. F., BARBÉ, T. C., DAHER, R. F., FILHO, J. E. A., LIMA, R. S. N., FREITAS, R. S., ROSSI, D. A., OLIVEIRA, É. S., MENEZES, B. R. S., ENTRINGER, G. C., PEIXOTO, W. F. S., CASSARO, S. Production potential and chemical composition of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) at different ages for energy purposes. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, p. 1428-1433. 2017.

[64] VIDAL, A. K. F., DAHER, R. F., DE ANDRADE, E. K. V., FREITAS, R. S., STIDA, W. F., JÚNIOR, A. T. DO AMARAL, MENEZES, B. R. DA S., PEREIRA, A. V., DA SILVA, V. B., TARDIN, F. D. AND DE OLIVEIRA, L. J. S. Estimate of genetic diversity in germplasm of elephant grass accessions in Brazil using the Gower algorithm. **Genetics and Molecular Research**, v. 20, p. 1-10. 2021.

[65] VIDAL, A. K. F., DAHER, R. F., FREITAS, R. S., STIDA, W. F., LÉDO, F. J. S., DA SILVA, V. B., PEREIRA, A. V., TARDIN, F. D., GRAVINA, G. A., SOUZA, A. G., AMBRÓSIO, M., SANTANA, J. G. S., FARIAS, J. C., LEITE, C. L., AMARAL-JÚNIOR, A. T., CREVELARI, J. A. Growth curve in elephant grass genotypes based on morphoagronomic traits for energy production. **Chilean journal of agricultural research,** v. 82, p. 78-87. 2022.

[66] VILELA, Duarte, VILLAÇA, Hermenegildo de Assis. Feno de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum,* Schum.) Preparado por Diferentes Métodos e sua Utilização por Animais em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 27, p. 481-486. 1998.

[67] WILLIAMS, M. J.; HANNA, W. W. Performance and nutritive quality of dwarf and semi-dwarf elephantgrass genotypes in the south-eastern USA. **Tropical Grasslands**, v. 29, p. 122-122, 1995.

[68] ZAILAN, M. Z.; YAAKU, H.; JUSOH, S. Yield and nutritive value of four Napier (*Pennisetum purpureum*) cultivars at different harvesting ages. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 7, n. 5, p. 213-219, 2016.

Capítulo 5

Parâmetros genéticos e ganho de seleção em genótipos de arroz irrigado avaliados em ensaio de VCU

Ana Kesia Faria Vidal
Rogério Figueiredo Daher
Silvino Amorim Neto
Rafael Souza Freitas
Josefa Grasiela Silva Santana
Moisés Ambrósio
Maxwel Rodrigues Nascimento
Cleudiane Lopes Leite
Josilene Vargas Xavier
Genival Ferreira dos Santos-Junior
André Filipe Diniz de Souza
Cleverton França Vaz
Gabriel Bousse Picanço
Kethily Kauane Vieira Maciel
Ana Luiza da Silva Pereira Vaz

Resumo: O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma cultura de grande importância para a segurança alimentar mundial, e o desenvolvimento de cultivares adaptadas, produtivas e precoces é essencial para a sustentabilidade da rizicultura irrigada no Brasil. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agronômico de genótipos de arroz irrigado por meio da estimativa de parâmetros genéticos e do ganho de seleção, visando à recomendação de materiais superiores para cultivo em condições de várzea irrigada no Norte Fluminense. O experimento foi instalado no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, no município de Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliados vinte genótipos de arroz, sendo 14 linhagens experimentais em fase de avaliação e 6 cultivares comerciais já lançadas. As características analisadas foram: produção de grãos, número de dias para o florescimento, altura de planta e grau de acamamento. Para essas variáveis, foram realizadas a análise de variância, a estimação dos parâmetros genéticos e a predição dos ganhos via modelos mistos (REML/BLUP), utilizando o programa Selegen. Todas as características apresentaram diferenças significativas entre os genótipos ($p < 0,01$), com destaque para produtividade, número de dias para o florescimento e altura de planta, que apresentaram alta herdabilidade e acurácia seletiva. Os resultados obtidos indicam que há variabilidade genética entre os genótipos avaliados, possibilitando ganhos expressivos com a seleção. O genótipo AB 16578 destacou-se por apresentar elevado rendimento de grãos, resistência ao acamamento e ciclo intermediário, sendo o mais adequado para o cultivo na região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, Brasil, ou em outras áreas com solo e condições climáticas semelhantes.

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) desempenha um papel estratégico de grande relevância econômica, social e nutricional em todo o mundo. Estima-se que esse cereal seja responsável por suprir cerca de 20% das calorias consumidas na dieta humana global, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas (Sosbai, 2018; Fukagawa; Zhang, 2019). No Brasil, o arroz constitui uma das principais culturas alimentares, com produção de 9,6 milhões de toneladas e produtividade média superior a 7 mil quilos por hectare na safra 2019/2020 (CONAB, 2020).

A rizicultura nacional ocorre em dois principais sistemas de cultivo: terras altas (sequeiro) e várzea irrigada, sendo este último responsável pela maior parte da produção e produtividade do país (De Lima et al., 2020). Dentro desse contexto, o desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes ambientes é essencial para garantir segurança alimentar e sustentabilidade produtiva. Além da produtividade, características como a precocidade, a qualidade de grãos e a resistência ao acamamento também são critérios agronômicos importantes na recomendação de novas cultivares (Magalhães Júnior et al., 2020).

A obtenção de genótipos com maior produtividade e menores ciclos pode contribuir diretamente para o aumento da eficiência produtiva, uma vez que materiais precoces permitem a antecipação da colheita, melhor uso da área cultivada e redução de custos, além de menor exposição a estresses bióticos e abióticos (Andrade et al., 2021). O desenvolvimento de materiais com maior resistência ao acamamento também é fundamental, pois essa característica afeta diretamente a eficiência da colheita e a qualidade dos grãos, além de estar fortemente associada a condições de manejo e fatores ambientais (Castro; Von Pinho, 2007).

O melhoramento genético vegetal é um processo complexo, que exige investimentos em tempo, recursos e mão de obra qualificada. Nesse sentido, o uso de ferramentas estatísticas adequadas torna-se indispensável para aumentar a precisão na seleção de genótipos superiores. A metodologia REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada) tem sido amplamente utilizada por sua eficiência em predizer valores genéticos e proporcionar avanços reais de seleção. Essa abordagem tem se mostrado eficiente em diversas espécies cultivadas, como mamão (*Carica papaya*), maracujá (*Passiflora edulis*), milho (*Zea mays* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.) (Cortes et al., 2019; Silva et al., 2017; Vittorazzi et al., 2017; Fachinello et al., 2021).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agronômico de genótipos de arroz irrigado, com ênfase nas características de produtividade de grãos, resistência ao acamamento, precocidade e altura de planta, com vistas à identificação e recomendação de materiais superiores para cultivo em condições de várzea irrigada no Norte Fluminense.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Pesagro-Rio – CEPAAR (Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos), localizada no município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, situado a 21°44’47’’ S, 41°18’24’’ W e 11 m de altitude.

2.2. GENÓTIPOS AVALIADOS

Foram avaliados vinte genótipos de arroz irrigado no Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), conduzido na safra 2017/2018. Os materiais genéticos incluíram 14 linhagens experimentais em fase de avaliação, identificadas pelo prefixo "AB", e 6 cultivares comerciais já lançadas, utilizadas como testemunhas. A Tabela 1 apresenta a identificação dos genótipos avaliados.

Tabela 1 – Cultivares comerciais e linhagens experimentais de arroz irrigado avaliadas no ensaio de VCU. Campos dos Goytacazes-RJ, 2017-2018

Nº	Genótipo	Tipo
1	BRS Catiana	Cultivar comercial
2	IRGA 424	
3	BRS Pampa	
4	BRS Pampeira	
5	BRS Tropical	
6	BRS A702 CL	
7	AB 131092	Linhagem experimental
8	AB 131080	
9	AB 161252	
10	AB 161253	
11	AB 161255	
12	AB 161256	
13	AB 161257	
14	AB 161258	
15	AB 161260	
16	AB 161261	
17	AB 16578	
18	AB 16579	
19	AB1 01028	
20	AB1 6574	

2.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CONDUÇÃO

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela experimental apresentou área de 6,00 m^2. O plantio foi manual, seguindo as recomendações técnicas para o cultivo do arroz irrigado. O experimento foi conduzido sob sistema de irrigação por inundação controlada, garantindo o fornecimento contínuo de água ao longo do ciclo da cultura.

2.4. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

Foram avaliadas as seguintes características agronômicas:

- Produtividade de grãos (t/ha): obtida a partir da colheita dos grãos na área útil da parcela. Os grãos foram pesados, com posterior correção para 14% de umidade, padrão de comercialização. O valor foi então convertido para t/há.
- Altura de planta (cm): medida do nível do solo até a extremidade superior da panícula, em plantas selecionadas aleatoriamente na área útil da parcela, próximo ao ponto de maturação fisiológica.

- Número de dias para o florescimento: contados desde a emergência até o momento em que 50% das plantas de cada parcela apresentaram flores abertas, caracterizando o florescimento pleno.
- Grau de acamamento: O grau de acamamento foi avaliado visualmente, utilizando uma escala de 1 a 3, em que 1 indica ausência de acamamento, 2 indica acamamento moderado e 3 indica acamamento severo.

2.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS VIA MODELOS MISTOS

A análise estatística dos dados foi realizada com o uso do software Selegen-REML/BLUP (Resende 2009), utilizando-se o modelo 96, que se enquadra na categoria de modelos para avaliação de genótipos (acessos, cultivares, clones, híbridos, linhagens e famílias) em várias repetições, com uma observação por parcela, em um único local e uma única colheita. O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados (DBC), com os genótipos distribuídos aleatoriamente entre os blocos e cada genótipo avaliado em uma única parcela por repetição.

O modelo estatístico adotado foi:

$$y = Xr + Zg + e,$$

em que:

y representa o vetor de dados observados;

r é o vetor dos efeitos de repetição (fixos), somados à média geral;

g é o vetor dos efeitos genotípicos (aleatórios);

e representa o vetor dos erros aleatórios;

X e Z são as matrizes de incidência dos respectivos efeitos.

Com base nesse modelo, foram estimadas as componentes de variância: variância genotípica (Vg), variância residual (Ve) e variância fenotípica total (Vf). Também foram calculadas a herdabilidade no sentido amplo (h^2g), a herdabilidade da média dos genótipos (h^2mc) e a acurácia da seleção de genótipos (Acclon), além dos coeficientes de variação genotípica (CVg), residual (CVe) e relativo (CVr = CVg/CVe), que permitiram avaliar a magnitude da variabilidade genética e a precisão experimental.

Além disso, foram obtidos os valores genotípicos preditos (u + g) por meio do método BLUP, e os genótipos foram ranqueados com base nesses valores. A análise também forneceu os intervalos de confiança para os valores genotípicos preditos, com base no erro padrão (SEP) e no valor crítico da distribuição t de Student (t = 1,96), conforme a expressão:

$$u + G \pm t \times SEP$$

A comparação entre os limites inferior (LIIC) e superior (LSIC) dos intervalos de confiança possibilita inferências sobre a existência de diferenças estatísticas entre os genótipos avaliados, servindo como base para comparações múltiplas e apoio à seleção genotípica.

Adicionalmente, com os valores de ganho genético estimados, foi construído um gráfico utilizando o software R (R Core Team 2017), visando ilustrar visualmente o desempenho dos genótipos quanto ao potencial de seleção. O gráfico facilitou a identificação dos

materiais mais promissores, proporcionando um recurso complementar à interpretação estatística dos dados obtidos pelo Selegen.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na análise de variância mostraram que todas as quatro características avaliadas apresentaram efeito significativo entre os genótipos ($p < 0,01$) (Tabela 2), demostrando variabilidade genética entre os genótipos avaliados. indicando a existência de variabilidade genética entre os genótipos avaliados, o que possibilita o sucesso na seleção de genótipos superiores e alta precisão nas estimativas dos componentes de variância (Borém e Miranda, 2013).

Com relação aos efeitos de bloco, não foram observadas diferenças significativas para nenhuma das quatro características avaliadas. A ausência de significância para os efeitos de bloco indicam que as condições ambientais controladas por essa estrutura experimental não interferiram de forma relevante na resposta dos genótipos, demonstrando uma boa uniformidade entre os blocos e conferindo maior robustez à comparação entre genótipos (Steel, et al., 1997).

Tabela 2. Valores de F e níveis de significância obtidos na análise de variância para quatro características agronômicas em genótipos de arroz irrigado avaliados em ensaio de VCU. Campos dos Goytacazes-RJ, 2017-2018

	FV	GL	SQ	QM	F
Produção	Blocos	3	2.78	0.9294	1.03^{ns}
	Genótipos	19	96.831	50.964	5.67^{**}
	Resíduo	57	51.21	0.8985	-
Dias para florescimento	Blocos	3	0.93	0.31	0.99^{ns}
	Genótipos	19	3910.92	205.83	658.45^{**}
	Resíduo	57	17.81	0.31	-
Acamamento	Blocos	3	11.43	3.81	0.44^{ns}
	Genótipos	19	2494.24	131.29	15.45^{**}
	Resíduo	57	484.31	8.49	-
Altura	Blocos	3	30.60	10.20	2.65^{ns}
	Genótipos	19	213.79	11.25	2.93^{**}
	Resíduo	57	219.40	3.84	-

Os resultados obtidos são de grande importância, do ponto de vista experimental, pois sugere que a variabilidade genética detectada não foi influenciada por efeitos ambientais, aumentando a confiabilidade dos dados e a precisão na seleção dos materiais superiores. Assim, os resultados apontam para oportunidades concretas de ganhos com a seleção, uma vez que todas as características avaliadas apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os genótipos, fornecendo base para decisões em programas de melhoramento ou recomendações técnicas (Cruz et al., 2014).

A variância fenotípica total (Vf) observada nas quatro características avaliadas foi decomposta em variância genotípica (Vg) e variância residual (Ve), conforme apresentado na Tabela 3. Houve predominância de variância genotípica para três das quatro características avaliadas, com destaque para número de dias para o florescimento, altura de planta e produção de grãos. A exceção se deu para a característica grau de

acamamento, cuja maior parte da variabilidade foi atribuída à variância residual, indicando forte influência de fatores ambientais.

Tabela 3. Componentes de variância e parâmetros genéticos estimados pelo método REML/BLUP para as características produção de grãos, número de dias para o florescimento, altura de planta e grau de acamamento em genótipos de arroz irrigado avaliados em ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Campos dos Goytacazes-RJ, 2017-2018

	Produção	Dias para florescimento	Altura	Acamamento
Vg	1.05	51.38	30.70	1.85
Ve	0.90	0.31	8.50	3.85
Vf	1.95	51.69	39.20	5.70
h^2g	0.54	0.99	0.78	0.32
h^2mc	0.82	1.00	0.94	0.66
Acclon	0.91	1.00	0.97	0.81
CVgi%	14.79	6.05	4.90	66.36
CVe%	13.68	0.47	2.58	95.70
CVr	1.08	12.82	1.90	0.69
PEV	0.19	0.08	1.99	0.63
SEP	0.43	0.28	1.41	0.80
Média	6.93	118.46	113.09	2.05

O acamamento é uma característica altamente influenciada por condições ambientais como ventos, chuvas, excesso de irrigação, tipo de solo e práticas de manejo, especialmente adubações nitrogenadas em excesso, que podem favorecer o crescimento exagerado das plantas e reduzir a resistência dos colmos (Castro e Von Pinho, 2007). Diante disso, o grau de acamamento tende a apresentar baixa herdabilidade e maior variabilidade residual, dificultando a seleção direta (Cruz et al., 2014). Estudos genômicos, como o de Rashid et al. (2022), também apontam que a resistência ao acamamento é influenciada por múltiplos loci e interações com o ambiente, o que dificulta a seleção direta.

Entretanto, ao empregar a metodologia dos modelos mistos REML/BLUP, como a utilizada neste estudo, é possível fazer a seleção baseada no valor genético predito, considerando o desempenho médio em cada corte (com efeito da interação média) e sem efeito da interação ambiental (Viana e Resende 2014), sendo possível concluir que os ganhos genéticos associados à seleção dessas características, mesmo com alta influencia ambiental, serão altos em função da metodologia utilizada.

Com relação às demais características, a variância genética representou 53,85%, 99,40% e 78,32% da variância fenotípica total para produção de grãos, número de dias para o florescimento e altura de planta, respectivamente. A maior contribuição da variância genética indica que maior parte da variância entre os genótipos avaliados é de origem genetica, o que é fundamental para a obtenção de ganhos genéticos por meio da seleção. Segundo Viana e Resende (2014), valores de herdabilidade de média e alta magnitude possibilitam maiores ganhos com a seleção.

De acordo com Resende (2009), a herdabilidade pode ser classificada como baixa ($h^2 < 0,15$), média ($0,15 \leq h^2 < 0,50$) e alta ($h^2 \geq 0,50$). Sendo assim, a herdabilidade no sentido restrito (h^2g) apresentou valores elevados para número de dias para o florescimento (0,99), altura de planta (0,78) e produção de grãos (0,54), sendo todas classificadas como de alta magnitude. Esses resultados indicam que a maior parte da variação fenotípica observada nessas características se deve a diferenças genéticas entre os genótipos, favorecendo a seleção de materiais superiores com maior acurácia e maior possibilidade de progresso genético. Por outro lado, o grau de acamamento (0,32) apresentou herdabilidade de magnitude moderada, o que indica influência mais acentuada de fatores ambientais sobre essa característica, dificultando a seleção direta com base em avaliações individuais, conforme também destacado por Cruz, et al., (2014).

O coeficiente de variação genotípico (CVgi%) foi maior para a característica acamamento (66,36%), acompanhada de um elevado coeficiente de variação experimental (CVe% = 95,70%), o que reduz a eficiência da seleção (CRUZ, et al., 2014). Em contrapartida, características como altura de planta (CVgi% = 4,90; CVe% = 2,58) e dias para o florescimento (CVgi% = 6,05; CVe% = 0,47) apresentaram relações favoráveis entre variabilidade genética e experimental, reforçando a estabilidade e o controle ambiental do experimento.

Para uma seleção eficiente, é essencial que haja facilidade na diferenciação entre os genótipos avaliados, permitindo a identificação precoce dos materiais superiores com potencial para o melhoramento genético. Essa capacidade de distinção pode ser analisada por meio da relação entre os coeficientes de variação genotípico e experimental (CVg/CVe), conhecida como coeficiente de variação relativa (CVr). De acordo com Vencovsky e Barriga (1992), valores iguais ou superiores a 1 indicam boa capacidade de seleção, devido à predominância da variabilidade genética sobre a ambiental.

O coeficiente de variação relativa (CVr), foi superior a 1,0 para as características produção de grãos (1,08), altura de planta (1,90) e dias para o florescimento (12,82), indicando maior controle genético do que ambiental sobre essas variáveis. Para o grau de acamamento, o CVr foi de 0,69, refletindo maior influência ambiental (Cruz, et al., 2014).

Dessa forma, os resultados obtidos para produção de grãos, altura de planta e dias para o florescimento sugerem condições favoráveis à seleção direta dessas características, com boas perspectivas de ganho genético. Para o grau de acamamento, no entanto, o CVr inferior a 1 indica que essa característica é mais sensível às variações ambientais, o que pode comprometer a efetividade da seleção, exigindo estratégias complementares como avaliações em diferentes ambientes e anos.

Os erros padrão (SEP) e os valores preditos de erro da variância (PEV) mantiveram-se baixos para a maioria das características, confirmando a precisão das estimativas obtidas e, portanto, contribuindo para a confiabilidade da seleção (Resende, 2007).

A análise integrada dos ganhos genéticos estimados (Figura 2) e das novas médias genotípicas preditas (Tabela 4) permite a seleção de genótipos superiores com foco em critérios agronômicos prioritários. Neste estudo, a produtividade de grãos foi estabelecida como principal critério de seleção, uma vez que constitui o objetivo final do cultivo comercial de arroz. Genótipos como BRS Pampeira (8,89 t/ha), BRS Catiana (8,54 t/ha) e AB 16578 (8,38 t/ha) destacaram-se com os maiores valores médios e ganhos genéticos positivos, evidenciando seu elevado potencial produtivo.

Figura 2. Ganho genético predito para genótipos de arroz irrigado avaliados em ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), com base nos valores genotípicos estimados pelo método REML/BLUP. Campos dos Goytacazes-RJ, 2017-2018

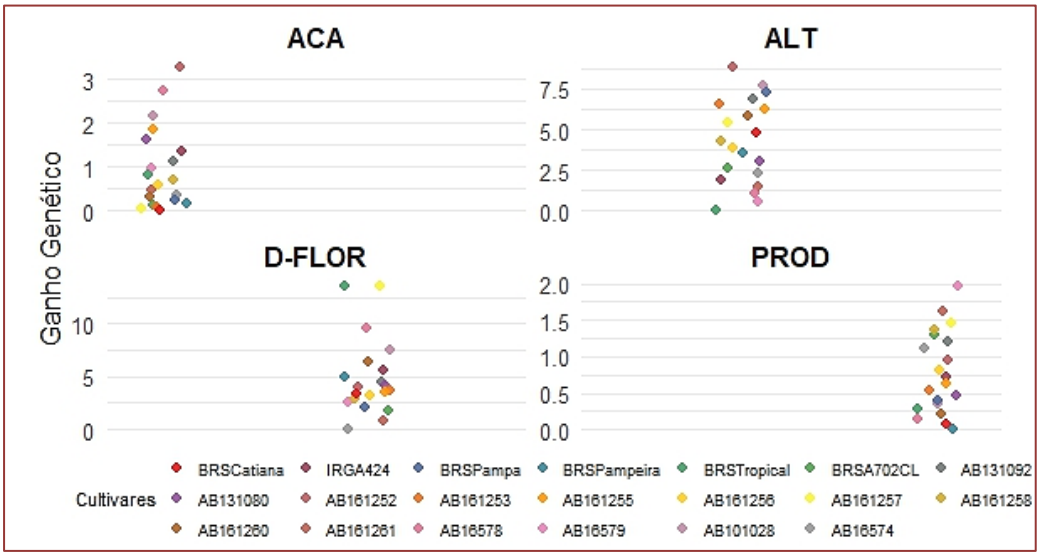


Tabela 4. Ordenamento dos genótipos de arroz irrigado com base nos valores genotípicos preditos (u + g) e respectivas novas médias estimadas pelo método BLUP, obtidos em ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Campos dos Goytacazes-RJ, 2017-2018

Cultivar	Produção		Dias para florescimento		Altura		Acamamento	
	Ordem	Nova Media	Ordem	Nova Media	Ordem	Nova Media	Ordem	Nova Media
BRS Pampeira	1	8.89	16	120.95	19	113.63	8	3.00
BRS Catiana	2	8.54	19	119.33	17	114.59	12	2.51
AB 16578	3	8.38	2	131.98	8	118.5	19	2.09
AB 16579	4	8.29	15	121.35	10	117.38	10	2.74
AB 161255	5	8.21	18	120.29	14	115.73	17	2.17
AB 161256	6	8.13	8	122.99	4	119.96	7	3.19
IRGA 424	7	8.03	20	118.46	15	115.36	13	2.42
AB 161258	8	7.88	10	122.39	1	121.89	1	5.31
AB 16574	9	7.75	14	121.71	11	116.96	11	2.62
AB 131080	10	7.64	6	123.99	16	115.01	6	3.39
AB 161261	11	7.54	12	121.99	6	119.32	4	3.91
AB 161260	12	7.46	11	122.18	5	119.69	18	2.13
AB 161257	13	7.39	9	122.66	13	116.14	5	3.66
AB 131092	14	7.33	17	120.6	3	120.41	15	2.28
BRS Tropical	15	7.26	4	125.99	2	120.84	3	4.21

Tabela 4. Ordenamento dos genótipos de arroz irrigado com base nos valores genotípicos preditos (u + g) e respectivas novas médias estimadas pelo método BLUP, obtidos em ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Campos dos Goytacazes-RJ, 2017-2018 (continuação)

Cultivar	Produção		Dias para florescimento		Altura		Acamamento	
	Ordem	Nova Media	Ordem	Nova Media	Ordem	Nova Media	Ordem	Nova Media
AB 161253	16	7.21	1	131.98	20	113.09	9	2.86
BRS A702CL	17	7.15	5	124.79	7	118.95	14	2.35
BRS Pampa	18	7.07	3	127.99	18	114.11	2	4.81
AB 101028	19	7	13	121.84	9	117.89	20	2.05
AB 161252	20	6.93	7	123.42	12	116.59	16	2.22

Além da produtividade, a resistência ao acamamento é um atributo essencial, pois plantas acamadas dificultam significativamente a colheita mecânica, comprometem a qualidade dos grãos e podem gerar perdas expressivas na lavoura. Segundo Castro e Von Pinho (2007), o acamamento pode reduzir o rendimento e a eficiência da colheita, além de aumentar o custo de produção. Dessa forma, genótipos produtivos com menor grau de acamamento, como AB 16578 (2,09), AB 101028 (2,05) e AB 161255 (2,17), representam alternativas promissoras para áreas sujeitas a condições adversas, como ventos fortes ou excesso de irrigação.

Outro critério agronômico relevante é a precocidade, uma vez que ciclos mais curtos permitem melhor planejamento do calendário agrícola, possibilitam a condução de cultivos sucessivos e reduzem a exposição a pragas e doenças de final de ciclo. Genótipos como IRGA 424 (118,46 dias) e BRS Catiana (119,33 dias) apresentaram menores médias para número de dias até o florescimento, sendo recomendados para regiões com janelas de plantio reduzidas ou onde se busca intensificar o uso da área agrícola.

Considerando a combinação desses três critérios, produtividade, resistência ao acamamento e precocidade, o genótipo AB16578 se destacou como a opção mais equilibrada e promissora, reunindo alta produção de grãos, baixa suscetibilidade ao acamamento e desempenho intermediário em relação ao ciclo. Assim, sua utilização é recomendada tanto para plantios comerciais quanto como genitor em programas de melhoramento genético.

Ao comparar os valores de produtividade obtidos neste estudo com os relatados na literatura, observa-se que os genótipos avaliados apresentaram desempenho superior em relação a outros trabalhos conduzidos em arroz irrigado. Neste estudo, os genótipos BRS Pampeira, BRS Catiana e AB 16578 atingiram produtividades genotípicas preditas de 8,89; 8,54 e 8,38 t/ha, respectivamente (Tabela 4). Esses valores são superiores aos observados por Fachinello et al. (2021), que relataram produtividades médias variando de 5,13 a 6,93 t/ha em genótipos de arroz irrigado avaliados no estado do Rio Grande do Sul, considerando também ganhos genéticos ponderados por características de qualidade de grãos.

Resultados semelhantes foram observados por Acevedo-Barona et al. (2021), que identificaram híbridos promissores como o RHA-180 (H6), com produtividade de 7,29 t/ha em experimentos conduzidos na Venezuela. Apesar do bom desempenho, os valores observados nesse estudo ainda se mantêm abaixo das produtividades genotípicas dos

principais materiais destacados nesta pesquisa, o que reforça o potencial dos genótipos avaliados para uso comercial ou em programas de melhoramento.

Essas comparações indicam que os genótipos BRS Pampeira, BRS Catiana e AB 16578 não apenas se destacam internamente dentro do conjunto avaliado, mas também apresentam desempenho competitivo ou superior em relação a materiais avaliados em outras regiões da América Latina.

4. CONCLUSÕES

Os resultados da análise de variância revelaram efeito significativo entre os genótipos para todas as características avaliadas, confirmando a existência de variabilidade genética e a possibilidade de obtenção de progresso genético com a seleção.

As estimativas de herdabilidade e acurácia seletiva foram elevadas para produtividade, altura de planta e número de dias para o florescimento, indicando alto controle genético e estabilidade dessas características. Por outro lado, o grau de acamamento apresentou maior influência ambiental, o que exige cautela na seleção direta. Ainda assim, a metodologia REML/BLUP demonstrou ser eficaz ao possibilitar ganhos genéticos mesmo para características de menor herdabilidade.

A análise conjunta dos ganhos genéticos e das médias preditas evidenciou o destaque dos genótipos BRS Pampeira, BRS Catiana e AB 16578 em relação à produtividade. O genótipo AB 16578, além do elevado rendimento de grãos, apresentou também resistência ao acamamento e ciclo intermediário, configurando-se como material promissor tanto para cultivo comercial quanto para uso como genitor em programas de melhoramento.

REFERENCIAS

[1] Acevedo-Barona, A.; Parra-Guerrero, M.; Marín-Castro, A.; Sánchez-Medina, J.; Vásquez-Rangel, J.; Herrera, D. *Adaptability and grain yield stability of rice hybrids and varieties in Venezuela*. Revista BIOAGRO, v. 33, n. 3, p. 229–244, 2021. DOI: 10.51372/bioagro333.4.

[2] Andrade, A.; Marschalek, R.; Noldin, J. A. *Breve retrospectiva da orizicultura catarinense*. Agropecuária Catarinense, v. 34, n. 1, p. 5–6, 2021.

[3] Borém, A.; Miranda, G. V. *Melhoramento de plantas*. 6. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013.

[4] Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2019/2020: sexto levantamento*, v. 7, n. 6, mar. 2020. Brasília, DF: CONAB, 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos. Acesso em: 20 mar. 2025.

[5] Cortes, D. F. M.; Santa-Catarina, R.; Vettorazzi, J. C. F.; Ramos, H. C. C. R.; Viana, A. P.; Pereira, M. G. Development of superior lines of papaya from the Formosa group using the pedigree method and REML/BLUP procedure. *Bragantia*, v. 78, p. 350–360, 2019. DOI: 10.1590/1678-4499.20190022.

[6] Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S.; Regazzi, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Vol. 1. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2014.

[7] De Lima, I. P.; Botelho, F. B. S.; Silva, C. S. C.; Neto, A. R.; Berchembrock, Y. V.; Cardoso, F. P.; Sormanti, G.; Castro, A. P. Potencial genético de linhagens de arroz de terras altas pertencentes ao programa de melhoramento da Universidade Federal de Lavras – melhor arroz. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, p. 1706–1713, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n1-114.

[8] Fachinello, F.; Coimbra, J. L. M.; Lourenzi, C. R.; Guidolin, A. F.; Sousa, T. L.; França-Neto, J. B. Ganhos genéticos previstos ponderados por pressões de seleção para qualidade de grãos em arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 56, e07044, 2021. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.07044.

[9] Fukagawa, N. K.; Ziska, L. H. Rice: importance for global nutrition. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, v. 65, supl. 2, p. S2–S3, 2019. DOI: 10.3177/jnsv.65.S2.

[10] Magalhães Júnior, A. M.; Streck, E. A.; Aguiar, G. A.; Facchinello, P. H. K. Qualidade industrial. In: Oliveira, A. C.; Pegoraro, C.; Viana, V. E. (Org.). *The future of rice demand: quality beyond productivity*. Cham: Springer, 2020. p. 47–67.

[11] R Foundation. *R: the R Project for Statistical Computing*. 2017. Disponível em: https://www.r-project.org/. Acesso em: 10 abr. 2025.

[12] Rachid, M. A. R.; Zhao, Y.; Azeem, F.; Zhao, Y.; Ahmed, H. G. M.; Atif, R. M.; Pan, Y.; Zhu, X.; Liang, Y.; Zhang, H.; Li, D.; Zhang, Z.; Li, Z. Desvendando a arquitetura genética para resistência ao acamamento em arroz (*Oryza sativa* L.) por meio de análises de associação em todo o genoma. *Frontiers in Genetics*, v. 13, 2022. DOI: 10.3389/fgene.2022.960007.

[13] Resende, M. D. V. *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Brasília: Embrapa Florestas, 2009. 975 p.

[14] Resende, M. D. V. *Software Selegen-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos*. Colombo: Embrapa Florestas, 2016.

[15] Silva, L. F. H.; Viana, A. P.; Santos, E. A.; Freitas, J. C. O.; Rodrigues, D. L.; Amaral Júnior, A. T. Predição de ganhos genéticos por índices de seleção e metodologia REML/BLUP em uma população de maracujá-azedo sob seleção recorrente. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 39, p. 183–190, 2017. DOI: 10.4025/actasciagron.v39i2.32079.

[16] Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado – SOSBAI. *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil*. Cachoeirinha, RS: SOSBAI, 2018. 200 p.

[17] Steel, R. G. D.; Torrie, J. H.; Dickey, D. A. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1997.

[18] Vencovsky, R.; Barriga, P. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

[19] Viana, A. P.; Resende, M. D. V. *Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras*. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. 282 p.

[20] Vittorazzi, C.; Amaral Júnior, A. T.; Guimarães, A. G.; Viana, A. P.; Silva, F. H. L.; Pena, G. F.; Daher, R. F.; Gerhardt, I. F. S.; Oliveira, G. H. F.; Pereira, M. G. Indices estimated using REML/BLUP and introduction of a super-trait for the selection of progenies in popcorn. *Genetics and Molecular Research*, v. 16, 2017. DOI: 10.4238/gmr16019460.

Capítulo 6

Aproveitamento de resíduos agrícolas através do processo de pirólise

Flávio Silva Machado
Mateus Carvalho Amaral
Maria Helena Teixeira da Silva
Luiz Antônio de Oliveira Chaves
Vanessa End de Oliveira
Robisom Damasceno Calado

Resumo: O crescimento populacional global aumentou a demanda por alimentos e esse fenômeno também contribui para o aumento dos impactos negativos ao meio ambiente. Embora a agricultura, quando não desenvolvida de forma correta torna-se um grande problema ambiental, ela também pode se tornar parte da solução quando praticada com inovação e tecnologias. Os agricultores brasileiros estão buscando novos procedimentos que permitam diminuir suas emissões carbono e promover a sustentabilidade em suas atividades. Neste artigo serão discutidas as possibilidades de aproveitamento dos resíduos agrícolas através do processo de pirólise. Esse processo auxiliará na mitigação dos gases de efeito estufa, descarbonização, economia circular e também na sustentabilidade do setor. A pirólise é um processo termoquímico que pode ser empregado em qualquer material orgânico, a base de carbono, sua utilização na agricultura tem sido explorada em diversos países ao redor do mundo devido aos seus benefícios potenciais para a sustentabilidade e a eficiência na produção agrícola. A pesquisa foi realizada através da base de dados, *Scielo*, *Scopus, Web of Science*, Portal de Periódicos da CAPES, pelo uso dos descritores em português e inglês para contribuir na construção dos seguintes enfoques: processo de pirólise; aproveitamento de resíduos agrícolas; Inovação e sustentabilidade na agricultura.

Palavra-chave: Pirólise, Resíduos agrícolas, Descarbonização da agricultura.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de commodities agrícola. Essa condição viabiliza a oportunidade para o desenvolvimento e utilização da energia proveniente da biomassa, conhecida também por bioenergia (Silva, 2017). Nas últimas décadas, o setor agropecuário teve um crescimento representativo, tornando-se um dos principais atores da economia nacional, desempenhando um papel crucial tanto no abastecimento interno quanto nas exportações (EMBRAPA, 2016).

Em 2019, o agronegócio representou 43% das exportações totais e contribuiu com 21,4% do Produto Interno Bruto do Brasil (CEPEA, 2021). Apesar dos fatores positivos o setor agrícola também gera uma quantidade significativa de resíduos que se não forem gerenciados adequadamente podem representar um forte impacto ambiental. Desta forma os resíduos agrícolas são considerados todos os resíduos provenientes das atividades agropecuárias, como embalagens de fertilizantes, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita e esterco animal. Assim, observa-se que os resíduos da agricultura são predominantemente orgânicos. (Schalch, 2002)

Os resíduos agrícolas representam recursos renováveis amplamente disponíveis e com potencial para serem convertidos em combustíveis, energia e produtos químicos. A utilização desses resíduos pode contribuir para descentralizar a geração de energia, reduzindo os investimentos em infraestrutura de transmissão e minimizando as perdas devido à menor distância entre os locais de geração e consumo (Philippi; Dos Reis, 2016). Tradicionalmente, o Brasil utiliza fontes de energia renováveis, como lenha e bagaço de cana-de-açúcar, por meio da combustão direta. Além disso, há o desenvolvimento de biocombustíveis, como etanol a partir da cana-de-açúcar e biodiesel a partir de culturas oleaginosas, como soja e algodão. Na maioria dos casos os resíduos não são reaproveitados e apresentam uma disposição ambientalmente inadequada, com potenciais riscos de contaminação dos solos e da água. (Santos et al, 2013)

Portanto, buscar o reaproveitamento desses resíduos é essencial para promover uma agricultura mais sustentável e eficiente. Os resíduos resultantes das diversas atividades humanas sempre foram um dos desafios mais graves enfrentados pela sociedade. Embora o que é chamado de resíduos pode ser de grande valor como matéria-prima para outros atividades. Neste caso o conceito de economia circular começa a fazer a diferença, assim os resíduos têm a capacidade de ser incorporados à cadeia produtiva, pois possuem valor econômico. (Marafon et al, 2020)

A biomassa pode ser aproveitada como matéria-prima para produção de novos produtos como biocombustíveis, bioenergia, biopolímeros, biomateriais, produtos químicos, farmacêuticos, cosméticos e produtos de higiene, além de agroquímicos como biofertilizantes e biopesticidas, sob a transição da moderna bioeconomia, gerando benefícios socioeconômicos e ambientais à nossa sociedade. As atividades da bioeconomia são entendidas como o desenvolvimento da produção de biomassa, transformação e geração de produto final de valor econômico. Esses três quesitos são baseados na sustentabilidade e na inovação, temos que considerar também os resíduos de natureza não orgânicos que não se degradam naturalmente, tais como as embalagens de produtos químicos que apresentam alto grau de toxicidade, sendo estes, monitorados por leis e normas específica no Brasil. (Vaz,2020).

As características dos resíduos vegetais variam dependendo das espécies, dos tecidos e das propriedades químicas e físicas do solo. Geralmente, esses resíduos são menos ricos em nutrientes do que os resíduos animais ou os resíduos de esgotos municipais. Segundo

a Organização das Nações Unidas apontam que a sociedade global produz aproximadamente 2,24 bilhões de toneladas de resíduos sólidos a cada ano, com apenas 55 % desse volume é gerenciado em instalações adequadas. Além desse desafio, a ONU destaca outra dimensão crítica do desperdício global: anualmente, aproximadamente 931 milhões de toneladas de alimentos são perdidas ou jogadas fora, representando uma preocupação significativa para a segurança alimentar e o uso responsável dos recursos do planeta (Oliveira, 2022).

Segundo Tripathi (2019) a geração anual global de resíduos provenientes da produção e processamento de biomassa agrícola está em torno de 140 Gt. Este volume de resíduos significa um desafio de manejo, já que a disposição inadequada desses resíduos pode acarretar em impactos ambientais adversos. Considerando, de forma estimativa, o potencial de resíduos de biomassa agrícola gerados para os principais países produtores, temos: China: 716 Mt, Estados Unidos da América: 682 Mt, Índia: 605 Mt, Brasil: 451 Mt. Os 451 Mt de resíduos gerados no Brasil pode gerar oportunidades para seu uso como matérias-primas renováveis para o setor industrial, de acordo com conceitos de química verde, bioeconomia e economia circular, em estreita colaboração com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. (Silva, et al., 2021).

O aproveitamento dos resíduos trás benefícios para o meio ambiente e a saúde humana, economizando os recursos naturais e promovendo a sustentabilidade. Considerando também que esses resíduos apresentam baixa concentração de contaminantes, podendo beneficiar economicamente o setor agrícola. (Figueiredo; Tanamati, 2010).

O fato de Brasil ser um grande produtor agrícola, proporciona uma grande geração resíduos e o seu aproveitamento é fundamental. Os resíduos, também chamados de biomassa, são compostos por restos orgânicos de culturas, palhas e de atividades zootécnicas, todos esses materiais são passíveis de reutilização e tratamento para utilização no próprio setor agrícola ou em outro seguimento industrial. Os impactos ambientais gerados pelos resíduos agrícolas não são um volume pequeno e necessita de uma máxima atenção a sua destinação. O cultivo e processamento de culturas como cana-de-açúcar, açaí, café, laranja e mandioca resultam na geração de resíduos, tais como o bagaço da cana-de-açúcar, o caroço do açaí e a cascas do café, mandioca e soja. Estes resíduos têm o potencial de desestabilizar ecossistemas inteiros se não forem adequadamente tratados. Além dos problemas ambientais que podem acarretar, representam perdas de matéria-prima e energia, embora, se tratados e/ou descartados corretamente, possam também apresentar oportunidades em outras atividades. A gestão ambientalmente correta desses resíduos é fundamental para reduzir os impactos negativos no meio ambiente. O tratamento e a disposição adequada e eficiente desses resíduos agrícolas, visando a sustentabilidade trarão benefícios. A tabela 1 apresenta os principais resíduos gerados nas principais culturas no Brasil. (Pires; Mattiazzo, 2005).

Cultura	Rejeitos
Cana-de-açúcar Segundo a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (CHAVES & SALES, 2022), uma tonelada de cana-de-açúcar produz em média 280 kg de bagaço e 234 kg de palha e pontas.	**Bagaço** - É o principal resíduo da produção de açúcar e etanol. Após a extração do caldo, o bagaço é deixado como um subproduto da produção. **Palha da cana** - São as folhas e partes da planta que não são utilizadas na produção de açúcar ou etanol. A palha pode ser deixada no campo após a colheita ou ser recolhida para uso na geração de energia. **Pontas da cana** - As pontas da planta que são cortadas durante a colheita mecanizada da cana-de-açúcar. Elas podem ser deixadas no campo ou recolhidas para utilização em outras finalidades. **Folhas e ponteiros** - São outras partes da planta geradas durante o processo de colheita e também podem ser deixadas no campo ou aproveitadas na alimentação animal ou compostagem.
Açaí No processamento do fruto do açaí para a produção do vinho, apenas 15% do fruto corresponde à polpa do fruto, cerca de 85% do volume total do fruto é constituído pelo caroço e fibras. (PACHEC et al., 2008)	**Caroço do açaí** - Após a extração do suco de açaí, o caroço é descartado, podendo ser aproveitado para diversos fins: produção de ração animal, compostagem e artesanatos. **Folhas e ramos** - No processo de colheita, as folhas e ramos da planta de açaí são considerados resíduos. Esses materiais podem ser deixados no campo para decomposição natural, como adubo orgânico ou aproveitados na produção de artesanatos. **Cascas** - As cascas dos frutos de açaí, que são removidas no processamento para a extração do suco são consideradas resíduos. Podendo ser reaproveitadas na produção de adubo orgânico, combustível ou na fabricação de biofertilizantes.
Café Para cada saca de 60 kg de café beneficiado são gerados 55 kg de resíduo, o que geralmente fica acumulado no local de preparo. O ideal, portanto, seria destinar essa palha de café para a lavoura, compostagem e geração de energia. (LIMA, 2014)	**Casca** - Estima-se que cerca de 50% do peso dos grãos de café são casca após o beneficiamento. Serão 500 kg de casca de café após beneficiamento. **Restos de folhas e galhos** - O peso das folhas e galhos gerados na poda e no manejo pode variar amplamente, em grandes plantações esse volume é considerável. **Águas residuais** - O consumo de águas residuais geradas no beneficiamento do café pode ser significativo. **Pó de café** - O volume de pó de café gerado varia dependendo do processo de torrefação e moagem, mas pode representar uma porcentagem significativa do peso dos grãos de café.
Mandioca Para cada tonelada de raiz de mandioca processada, são produzidos cerca de 250 kg de fécula de mandioca, com 12% de umidade e 928,6 kg de bagaço, com 85% de umidade (base úmida), totalizando 35,93% de matéria seca nas raízes (LEONEL et al., 1998).	**Manipueira** - No processamento da mandioca para a produção de farinha, fécula ou outros produtos, é gerado um líquido chamado manipueira. Este resíduo é rico em nutrientes, mas contém substâncias tóxicas, como o ácido cianídrico. Se não for tratado, causa contaminação do solo e das águas. **Folhas e talos** - Na colheita da mandioca, as folhas e os talos podem ser deixados no campo. No entanto, esses resíduos orgânicos podem ser reaproveitados como adubo orgânico ou utilizados na alimentação animal. **Cascas** - Durante o processamento da mandioca, a casca externa da raiz é removida para acessar a polpa interna. Essa casca também pode ser considerada um resíduo, mas pode ser utilizada como matéria-prima para a produção de ração animal, adubo orgânico ou até mesmo na produção de biomassa para energia. **Água de lavagem** - Na lavagem da mandioca, para remover a sujeira e resíduos, são geradas água de lavagem, que pode conter partículas de terra e amido. Esta água de lavagem pode ser tratada e reaproveitada ou descartada para evitar a poluição do ambiente.
Soja Segundo Nogueira et al (2000) estima-se que para hectare de soja plantada (4 t/ha) são gerados de 2,9 toneladas de resíduos de biomassa vegetal (CASTRO, 2008)	**Palha e restos de cultura** - Na colheita dos grãos, os restos da planta, caules, folhas e vagens vazias, permanecem no campo. Esses resíduos podem ser deixados no solo como cobertura, ajuda a proteger o solo contra erosão e conservação da umidade. **Cascas dos grãos** - No beneficiamento dos grãos as cascas são removidas antes da extração de óleo ou de seu processamento em outros produtos. As cascas podem ser utilizadas na produção de energia, ração animal ou como material para compostagem. **Água de lavagem** - A água usada para limpar os grãos pode conter resíduos de solo e substâncias orgânicas. Esta água deve ser tratada antes de ser descartada evitando contaminação. **Resíduos do processo de extração de óleo** - Quando o óleo é extraído dos grãos de soja, sobram subprodutos como farelo de soja, que é amplamente utilizado como alimento para animais. Outros subprodutos incluem gomas e lecitina, que também têm aplicações industriais e alimentícias.

Fonte: Autores.

Explorar o reaproveitamento de resíduos agrícolas oferece uma grande vantagem competitiva, em primeiro lugar o reaproveitamento reduz a quantidade de materiais direcionados aos aterros sanitários, contribuindo na redução da poluição ambiental e preservação dos recursos naturais. Além disso, a reutilização desses resíduos pode gerar novas fontes de receita para os agricultores, seja através da comercialização de resíduos orgânicos, biogás ou energia derivada da biomassa. Outro benefício significativo do reaproveitamento de resíduos agrícolas é a diminuição da dependência de insumos externos, como fertilizantes químicos e combustíveis fósseis. Ao empregar tais resíduos como fonte de nutrientes para o solo e energia para as atividades agrícolas, os agricultores podem reduzir os custos de produção e tornar suas operações mais sustentáveis a longo prazo. Os resíduos agrícolas podem ser categorizados por diversas formas e critérios, sendo um deles sua composição básica. Em relação à biomassa, seus componentes incluem principalmente carbono, oxigênio e hidrogênio. Durante a combustão, o carbono e o hidrogênio são oxidados, liberando energia. Elementos como nitrogênio, enxofre e cloro, embora presentes em quantidades menores, são causadores de poluição atmosférica quando a biomassa é queimada. (Rosillo; Bajay; Rothman, 2020).

Uma outra forma de caracterizar os resíduos agrícola é através do seu conteúdo energético, também conhecido como poder calorífico, que representa a quantidade de energia que pode ser liberada por unidade de massa do combustível. O valor energético pode variar com base na composição química da biomassa, além do conteúdo de umidade e cinzas. A conversão energética da biomassa pode ser realizada através de diferentes processos, incluindo a combustão direta, cogeração e também processos termoquímicos, tais como gaseificação, hidrólise, pirólise, craqueamento, liquefação e transesterificação. Processos biológicos também podem ser empregados para obter energia da biomassa, tais como a digestão anaeróbia e a fermentação. McLaughlin; Kszos, 2005).

Segundo Morello (2020) entre os diversos processos de conversão da biomassa em energia, a pirólise é considerada o melhor deles no aproveitamento dos resíduos gerados. Essa escolha se deve algumas vantagens:

- Eficiência na Conversão de Energia: A pirólise converte biomassa em produtos úteis, como biocombustíveis (bio-óleo) e biochar, com boa eficiência energética.
- Versatilidade: Pode lidar com uma variedade de biomassas, desde resíduos agrícolas até resíduos florestais e urbanos, tornando-se um processo versátil para o aproveitamento de uma ampla gama de recursos renováveis.
- Menor Impacto Ambiental: Em comparação com a combustão direta da biomassa, a pirólise produz menos poluentes atmosféricos, como dióxido de carbono e material particulado, o que a torna uma opção mais limpa do ponto de vista ambiental.
- Produção de Biochar: A pirólise produz não apenas biocombustíveis líquidos, mas também biochar, também chamada de terra preta de índio, que é usada como um fertilizante de solo, sequestrando carbono e melhorando a qualidade do solo.
- Flexibilidade de escala: Pode ser adaptado para operações de pequena escala, como em comunidades rurais, até operações de grande escala para atender às demandas urbanas, tornando-a flexível para diferentes contextos e demandas.
- Menor dependência de combustíveis fósseis: Ao produzir biocombustíveis, a pirólise reduz a dependência de combustíveis fósseis, contribuindo para a diversificação da matriz energética e a sustentabilidade a longo prazo.

- Valorização de Resíduos: A pirólise pode converter resíduos orgânicos em produtos de valor agregado, contribuindo para a gestão sustentável de resíduos e reduzindo a pressão sobre os aterros sanitários.

Considerando os aspectos ambientais da pirólise, a utilização de biomassa para geração de energia é benéfica, pois as emissões de dióxido de carbono são aproximadamente equivalentes à quantidade de carbono absorvida pelas plantas no seu crescimento, configurando um ciclo de carbono fechado e um balanço positivo de carbono. Além disso, esse método ajuda a reduzir a dependência de combustíveis fósseis, evitando os impactos ambientais associados à sua degradação e queima. No entanto, a geração de energia por biomassa enfrenta desafios, como a necessidade de uma gestão sustentável das terras para não comprometer a biodiversidade ou a disponibilidade de alimentos. A eficiência dos processos de conversão também pode ser aprimorada para maximizar o aproveitamento energético da biomassa. O Brasil tem muito a ganhar com o aproveitamento da biomassa para geração de energia. Esta oferta abundante de matéria-prima renovável está disponível para ser convertida em biocombustíveis e outros materiais. Temos uma fonte contínua de resíduos agrícolas para abastecer o sistema energético e garantir autonomia e energia de baixo custo para o consumo. Em segundo temos os benefícios socioeconômicos através da valorização de subprodutos agrícolas e a criação de novas oportunidades de emprego em zonas rurais. Por ultimo, mas não menos importante, temos os benefícios ambientais. A utilização de biomassa para energia é uma alternativa para diminuir os impactos ambientais e ampliar a sustentabilidade do setor. (Torres, 2014).

1.1. PIRÓLISE DE BIOMASSA

A pirólise é um processo termoquímico que pode ser empregado em qualquer material orgânico, a base de carbono. Esta técnica pode ser usada tanto para misturas de resíduos como para um só material. Este procedimento envolve aquecer o material a altas temperaturas e separá-lo em moléculas, tudo sem a presença de oxigênio. A ruptura é provocada pela baixa estabilidade térmica dos materiais, o que permite que o calor rompa as moléculas. O processo produz novas moléculas permitindo produtos finais com um caráter diferente, muitas vezes superior aos resíduos iniciais. Devido a esta característica, a pirólise é uma técnica que ganha cada vez mais importância pois aumenta o valor dos resíduos e descartados. O processo é endotérmico, garantindo que os produtos tenham um alto teor energético. (AMIT, 2014).

No início do século XX, os processos de pirólise foram utilizados para a produção comercial de uma ampla gama de combustíveis, solventes, produtos químicos e outros produtos provenientes de matéria-prima de biomassa. Depois de muitas décadas, devido aos problemas globais relacionados com a intenso uso de combustíveis fósseis e a geração de resíduos, o interesse pela pirólise foi ampliado e aceito como um processo viável nos aspectos técnicos e ambientais.

A pirólise é uma técnica importante na conversão da biomassa em diferentes formas de energia útil, como bio-óleo, gás de síntese e carvão vegetal. Durante o processo de pirólise, a biomassa é aquecida a temperaturas que variam de 400°C a 800°C em um ambiente controlado, onde a ausência de oxigênio impede a combustão completa. Isso resulta na degradação térmica induzida pelo calor absorvido do gás circundante, causando sua decomposição, fazendo com que ela se decomponha em diversos produtos gasosos, líquidos e sólidos. O bio-óleo obtido da pirólise da biomassa é uma mistura complexa de

compostos orgânicos que pode ser refinada para a produção de líquidos biocombustíveis, como biodiesel e bioquerosene. Esses biocombustíveis são uma alternativa sustentável aos combustíveis fósseis, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e evitando a dependência de recursos não renováveis. Além do bio-óleo, a pirólise da biomassa também gera gás, uma mistura de hidrogênio e monóxido de carbono, que pode ser utilizada na produção de eletricidade ou como matéria-prima para produção de outros produtos químicos. (Bridgwater,2012).

Desta forma, a pirólise desempenha um papel fundamental na valorização da biomassa como fonte de energia renovável, permitindo a produção de uma variedade de produtos energéticos e químicos de forma eficiente e ambientalmente sustentável. Essa abordagem contribui significativamente para a transição para um sistema energético mais limpo e sustentável. (Pinheiro, 2005).

1.2. TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA

Na década de 40 iniciou o movimento chamado Revolução Verde, trouxe mudanças substanciais na abordagem técnica da agricultura e da pecuária, introduzindo um conjunto de tecnologias que incluíam máquinas, fertilizantes, pesticidas e culturas geneticamente modificadas. No Brasil esse movimento teve inicio em 1970, quando o governo, através de instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), teve um papel crucial na adaptação e desenvolvimento dessas tecnologias para as condições específicas do país. As políticas agrícolas do período também incentivaram a modernização da agricultura brasileira, contribuindo para um significativo aumento da produtividade agrícola. Essa modernização impulsionou o setor agrícola tanto economicamente quanto tecnologicamente, mas também trouxe uma série de impactos ambientais associados à produção agropecuária e a insustentabilidade do setor. A implementação de práticas sustentáveis na produção agrícola é uma tarefa complexa, exigindo não apenas investimentos em novas tecnologias, mas também mudanças gerenciais profundas para garantir sua eficácia. Nesse contexto a pirólise pode auxiliar nesse desafio, essa nova maneira de aproveitar os resíduos está em concordância com a economia circular, que é uma nova abordagem econômica de fabricação que sugere que os resíduos resultantes do consumo de um produto sejam considerados como recursos ou matéria-prima para a criação de novos produtos, sendo reintegrados à cadeia de produção. No caso dos resíduos que não possam ser reaproveitados para os mesmos fins para os quais foram gerados, é necessário reutilizá-los para outros fins ou para a geração de energia. Além disso, a pirólise da biomassa pode contribuir para a gestão sustentável dos resíduos agrícolas, convertendo-os em recursos valiosos. Embora a transição para práticas agrícolas mais sustentáveis ainda enfrente desafios significativos, a geração de biomassa e seu aproveitamento por meio da pirólise representam passos importantes na direção de um sistema agrícola mais equilibrado e ambientalmente consciente. Essa abordagem não oferece apenas benefícios ambientais, mas também oportunidades econômicas para os produtores rurais, promovendo uma agricultura mais resiliente e adaptável às demandas do século XXI. (Galadima & Muraza, 2015).

2. METODOLOGIA

Realizou-se uma revisão bibliográfica, buscando publicações de amplos enfoques para desenvolver o “estado da arte” sobre a importância no aproveitamento dos resíduos da

agricultura (biomassa) no processo de pirólise, como método de pesquisa a análise qualitativa, contendo diferentes enfoques, como: Geração de resíduos agrícolas, Processo de Pirólise e Sustentabilidade Ambiental; Descarbonização na agricultura; Inovação e sustentabilidade na agrícola.

A construção desse estudo teve como etapas: 1ª) formulação da principal questão norteadora; 2ª) busca dos artigos em bases de dados; 3ª) seleção dos artigos; 4ª) utilização dos artigos selecionados; 5ª) descrição dos resultados encontrados juntamente com a discussão. A questão norteadora foi: "Qual a importância do processo de pirólise para o aproveitamento dos resíduos da agricultura no Brasil, na busca da descarbonização e sustentabilidade?"

Para isso buscou-se artigos disponíveis nas bases de dados *SciELO, Scopus, Web of Science*; e sites com revistas, *ScienceDirect*, Portal de Periódicos da CAPES, pelo uso dos Descritores em português e inglês: "*pyrolysis*"; "biomass"; "Sustainable Agriculture"; "Processo de pirólise"; "*Resíduos agrícola*"; "Agricultura sustentável"; obtidos a partir do vocabulário descrito nos artigos.

Artigos originais disponíveis nos idiomas inglês e português foram incluídos. Além disso, para complementar a discussão foram incluídas nessa revisão artigos e reportagens de sites governamentais relacionados com os assuntos abordados, com a finalidade de fundamentar o presente estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Artigos publicados nos últimos anos descrevem a pesquisas que visam a reutilização de resíduos provenientes do setor agrícola, principalmente no que diz respeito a geração de energia. Considerando que os resíduos agrícolas são gerados em grandes quantidades e o seu descarte, de forma não adequada, provoca impactos ambientais consideráveis. Além disso, estes resíduos têm um potencial enorme de sua utilização em processos economicamente competitivos e também ecológicos, tais como a pirólise. (Bellasio, 2015; Marzo, 2019).

Na literatura pesquisada são descritos vários casos de pirólise que reaproveitam os resíduos agrícolas para produção de vários produtos que são comercializados para outros fins industriais. Estes produtos gerados na pirólise apresentam características ambientais mais favoráveis e valor de mercado mais atraentes, pois são naturais, biodegradáveis e ambientalmente corretos.

O aumento populacional e o consumo de alimentos são fatores que contribuem para aumentar os impactos ambientais e os efeitos climáticos em todo o planeta. O Brasil é um grande produtor agrícola e sua produção impacta o meio ambiente; desta forma se não houver ações para reduzir esses efeitos, contribuiremos para o alto consumo de insumos agrícolas e o aumento das emissões de gases de efeito estufa. (Jacob, 2000).

Mas se a agricultura é parte do problema ambiental, pode ser também parte da solução, o Brasil apresenta uma certa complexidade na produção agrícola, pois é desenvolvida em diferentes biomas e cada um deles apresentam variações de vegetação, ciclos de chuva, composição de solo, variações climáticas, topografias e demandas ambientais específicas, características sociais e fatores econômicos. E cada um desses fatores influenciam nos sistemas de produção agrícola, dificultando alcançar os padrões sustentáveis de produção. Por um longo tempo o desenvolvimento rural no

Brasil, tinha como objetivo a expansão e consolidação do agronegócio, este modelo trouxe aspectos positivos, principalmente no aumento de produtividade e na geração de divisas para o país via exportação. Contudo, este modelo de desenvolvimento agrário promoveu o aumento dos impactos ambientais além dos custos sociais. São vários os impactos ambientais causados pela produção agrícola, esta atividade é considerada a que mais consome água, a que mais causa poluição por nitrato nas fontes de águas superficiais e subterrâneas, além de contribuir para o desmatamento e poluição do ar, erosão e consequente assoreamento de rios e lagos e perda de biodiversidade. (CEPEA, 2019).

Embora não haja uma data específica para o início da agricultura verde no Brasil, foi identificado um aumento significativo na adoção de práticas agrícolas sustentáveis nas últimas décadas, impulsionadas por políticas públicas, conscientização ambiental e demanda do mercado por produtos orgânicos e sustentáveis. A agricultura verde é um conceito que se refere a práticas agrícolas que visam a produção de alimentos de forma sustentável, minimizando o impacto ambiental e promovendo a conservação dos recursos naturais. Isso pode incluir o uso de técnicas como agricultura orgânica, agricultura de conservação, agroflorestal entre outras abordagens que priorizam a sustentabilidade. Desde então conceito de agricultura sustentável evoluiu a partir de três perspectivas: como um sistema de produção para alcançar a autossuficiência alimentar; como um conceito de conformidade ambiental; e como um instrumento de manutenção de comunidades rurais.

No contexto de agricultura verde e a pirólise, podemos afirmar que são duas abordagens distintas voltadas para a sustentabilidade ambiental e a mitigação dos efeitos climáticas, cada uma com seus próprios métodos, vantagens e desafios. A agricultura verde envolve práticas agrícolas que minimizam os impactos ambientais, as suas vantagens são promover a sustentabilidade ambiental, aumentar a resiliência climática das práticas agrícolas, ajudando as plantações a se adaptarem. No entanto, a agricultura verde pode enfrentar desafios quando comparada com a agricultura convencional, tais como custos mais altos para a transição e implementação das novas práticas. Já a pirólise apresenta vantagens na redução de resíduos, pois converte materiais orgânicos, antes descartados, em produtos utilizáveis, reduzindo consideravelmente o volume de lixo. No entanto, a pirólise requer um investimento significativo em equipamentos e infraestrutura, além de conhecimento técnico avançado para operar e manter o processo. As emissões resultantes, embora menores do que a combustão direta, ainda precisam ser gerenciadas adequadamente. Comparando ambas as abordagens, a agricultura verde enfatiza a sustentabilidade a longo prazo através de práticas ecológicas que beneficiam o solo e a biodiversidade, enquanto a pirólise se concentra na sustentabilidade energética ao converter resíduos em energia renovável e produtos úteis. Em termos de impacto ambiental, a agricultura verde minimiza a pegada ecológica da agricultura convencional e promove a conservação dos recursos naturais, enquanto a pirólise reduz resíduos e ajuda na gestão de resíduos agrícolas e urbanos, além de potencialmente sequestrar carbono. Em relação à produtividade e custo, a agricultura verde pode enfrentar desafios de produtividade inicial e custos de transição, mas oferece benefícios a longo prazo. Já a pirólise requer um investimento significativo em infraestrutura e tecnologia, mas pode proporcionar retorno através da venda de biocombustíveis e biochar. A complexidade e o conhecimento técnico necessário também diferem entre as duas abordagens, a agricultura verde requer conhecimento sobre práticas agrícolas sustentáveis, mas pode ser implementada gradualmente com o apoio de comunidades e treinamento. A pirólise, por sua vez, necessita de conhecimento técnico específico e infraestrutura avançada para

operar eficientemente. Porém temos que considerar que tanto a agricultura verde quanto a pirólise são estratégias valiosas para promover a sustentabilidade e combater as mudanças climáticas, cada uma com seu foco específico e requisitos distintos. A implementação das duas práticas depende dos objetivos específicos, recursos disponíveis e contextos locais, sendo que ambas podem complementar-se para criar sistemas agrícolas e energéticos mais sustentáveis e resilientes. (Granatstein et al, 2009).

A energia proveniente da biomassa tem um papel importante no balanço energético nacional o interesse por essa bioenergia tem crescido em todo o mundo. A bioenergia pode contribuir para a redução das emissões de carbono, especialmente de setores difíceis de descarbonizar, como o setor agropecuário. A agricultura intensiva implica em emissões substanciais de carbono provenientes de mudanças no uso da terra, produção, colheita e logística dos produtos. A energia proveniente da biomassa abrange uma ampla variedade de fontes combustíveis, tais como madeira, cultivos agrícolas, especialmente cultivados para propósitos energéticos, resíduos provenientes de atividades florestais e agrícolas, além de estar intrinsecamente ligada a outros tipos de combustíveis, como os resíduos industriais e residenciais, bem como o licor negro das indústrias de celulose e a turfa. (Marafon, 2016).

A bioenergia apresenta excelentes critérios de sustentabilidade, pois permite a regeneração do dióxido de carbono, desempenhando um papel importante na mitigação do carbono, atuando tanto como um reservatório de carbono, quando absorve o carbono da atmosfera durante seu crescimento e quando substitui os combustíveis fósseis. A biomassa pode ser convertida em bioenergia de diferentes formas tecnológicas, dois métodos normalmente adotados para essa conversão são: biológicos e térmicos. Os processos térmicos são vários, tais como combustão, gaseificação, liquefação, mas o processo de pirólise é o principal. (Georgen, 2015).

A pirólise apresenta a vantagem de produzir três produtos com fases diferentes, sendo: gás pirolítico não condensáveis, os produtos gasosos; bio-óleo, produto de fase líquida; e biochar, sendo o processo um alto potencial de produção de energia e economicamente viável. O processo de pirólise pode ser realizado em pequenas unidades rurais, distribuídas por regiões ou em grandes reatores integrados em biorrefinarias para produzir biocombustíveis para transporte, energia e produtos químicos a partir de biomassa. Outra vantagem deste processo a obtenção de energia de fácil transporte e armazenamento; a baixa emissão de particulados e a não produção de dioxinas e furanos. (Foong, 2020).

Segundo Torres (2014) o gás pirolítico, este apresenta baixo peso molar e não é possível de ser condensado, pode ser usado para múltiplas aplicações, desde a combustão em motores de ignição por centelha ou por especificação. Além disso, o gás também pode ser utilizado para produção de componentes individuais na fase gasosa, como o metano e o hidrogênio. O bio-óleo é o produto da fase líquida, substância apresenta uma coloração amarronzada de diversos compostos orgânicos, como ácidos graxos, ácidos, cetonas, aldeídos, fenóis, ésteres, éteres, furanos, alquenos e açúcares, por compostos nitrogenados e oxigenados, além de uma grande quantidade de água. O bio-óleo pode ser considerado o produto mais desejado da pirólise, uma vez que apresenta uma vasta gama de aplicações e valor significativo agregado. Os bio-óleos podem ser usados como matéria-prima para a produção de produtos químicos, como as resinas de fenóis, aditivos nas indústrias de fertilização e farmacêutica, agentes aromatizantes nas indústrias alimentícia. O biochar é o produto sólido de pirólise, contendo em sua composição sólidos orgânicos não reagidos e resíduos carboníferos produzidos mediante decomposição

parcial ou completa dos componentes da biomassa. Os primeiros estudos sobre a utilidade do biochar em solos agrícolas/florestais foram conduzidos no Japão, onde a agricultura intensiva foi praticada desde os tempos antigos. Estudos recentes sugerem que a aplicação de biochar como um corretivo do solo pode potencialmente aumentar a produtividade em solos tropicais intemperizados. (Ogawa e Okimori, 2010).

As aplicações do biochar melhoria da qualidade do solo e o aumento da produtividade agrícola. Quando incorporado ao solo, o biochar ajuda a reter nutrientes, água e carbono, promovendo um ambiente mais propício para o crescimento das plantas. Além disso, o biochar pode ser usado na remediação de solos contaminados, ajudando a reduzir a lixiviação de poluentes para os lençóis freáticos. Isso contribui para a fertilidade do solo e aumenta a produtividade agrícola, fechando o ciclo de nutrientes e atualizando a necessidade de fertilizantes químicos. (Beesley et al, 2011).

A pirólise pode ser integrada a sistemas de gestão de resíduos, permitindo a recuperação de energia dos resíduos orgânicos e evitando sua disposição em aterros sanitários. Isso promove a valorização de resíduos e a redução da geração, contribuindo para um ciclo fechado de materiais e recursos. A pirólise é um método que se encaixa perfeitamente com o conceito de economia circular, pois busca reduzir os desperdícios, promove a reutilização de recursos, antes descartados, criando um ciclo fechado dos materiais e recursos utilizados no processo. O reaproveitamento dos resíduos agrícolas traz consigo também benefícios para o setor público administrativo, pois haverá redução dos volumes resíduos enviados para aterros sanitários, o que contribui para a redução dos custos e aumento da vida útil dos aterros. O processo de pirólise ao mesmo tempo em que ajuda a mitigar os impactos ambientais do setor, cria novas oportunidades econômicas para os agricultores brasileiros. Investir em tecnologias e práticas que facilitem esse reaproveitamento deve ser uma prioridade tanto para o setor público quanto privado, visando a promover um desenvolvimento agrícola mais sustentável e resiliente diante das mudanças climáticas. (Maraseni,2021).

4. CONCLUSÕES

Estamos em um momento de transição energética, nossa sociedade está em busca de fontes de energia renováveis como uma das as formas de mitigar as mudanças climáticas. Na busca de uma solução, a tecnologia de pirólise tem se mostrado promissora e atraindo atenção devido a sua viabilidade técnica e ambiental. A produção de alimentos tende a aumentar o que trará consequências ambientais. O aproveitamento dos resíduos agrícolas como fonte de energia renovável tem se destacado devido ao fato de ser neutra em carbono, portanto o reaproveitamento dos resíduos agrícola desempenha um importante papel na transição para uma economia circular, sustentável e de baixo carbono. Investir em novas tecnologias de geração de energia e políticas públicas irão contribuir significativamente para o desenvolvimento econômico e ambiental do Brasil, ao mesmo tempo reduzir as emissões de carbono e os impactos ambientais associados a agricultura e pecuária.

A pirólise é uma técnica especialmente promissora para a conversão de resíduos em energia e biomateriais. Embora a pirólise seja bem conhecida por sua capacidade de produção, as rotas tecnológicas para a produção de combustíveis líquidos e produtos químicos em escala industrial ainda não estão completamente difundidas entre agricultores brasileiros, necessitando de mais estudos e pesquisas de viabilidade.

A processo de pirólise produz uma variedade de produtos úteis, que podem ser aproveitados de várias maneiras. Um dos principais produtos obtidos é o biochar, um material com alto teor de carbono e que tem diversas aplicações, como melhorador de solo, promovendo a retenção de nutrientes e água, além de contribuir para a redução das emissões de GEE. Além do biochar, a pirólise de resíduos agrícolas gera gases como o hidrogênio, metano e monóxido de carbono, que podem ser utilizados como fontes de energia renovável. Esses gases podem ser queimados para gerar calor ou eletricidade, ou até mesmo serem utilizados como combustíveis em processos industriais. O bio-óleo, líquido escuro e viscoso que se forma durante a pirólise, também é um subproduto importante da pirólise, pois possui potencial para ser utilizado como combustível ou como matéria-prima na produção de produtos químicos e materiais sintéticos. A pirólise de resíduos agrícolas é uma solução viável e sustentável para o setor, ao mesmo tempo em que gera uma variedade de produtos úteis que podem ser aproveitados de várias formas, contribuindo para a redução do desperdício, geração de energia renovável e o desenvolvimento de produtos de base biológica. Essa técnica representa um passo importante em direção a uma economia circular e sustentável, promovendo a valorização dos resíduos agrícolas e reduzindo o impacto ambiental associado à sua disposição inadequada. No contexto agrícola brasileiro, a pirólise representa uma solução estratégica para a gestão de resíduos agrícolas, despontando como uma inovação tecnológica de grande relevância, trazendo benefícios ambientais e produtivos. A pirólise também traz vantagens econômicas para os agricultores brasileiros, a produção de biocarvão está integrada aos pequenos e médios agricultores, criando uma fonte adicional de renda e incentivando a adoção de práticas agrícolas sustentáveis. A valorização dos resíduos agrícolas, que antes eram considerados desperdícios, também pode gerar novas oportunidades de negócios e promover o desenvolvimento rural com responsabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

[1] AMIT, R. P. et al. Life Cycle Assessment of Intermediate Pyrolysis of Wheat Straw for Sustainable Energy Alternate and Emission Mitigation. **International Review of Applied Engineering Research**, v. 4, n. 4, p. 325–330, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280964282_Life_Cycle_Assessment_of_Intermediate_Pyrolysis_of_Wheat_Straw_for_Sustainable_Energy_Alternate_and_Emission_Mitigation>. Acesso em: abril 2024.

[2] BELLASIO, M. et al. Organic acids from lignocellulose: Candida lignohabitans as a new microbial cell factory. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, v. 42, n. 5, p. 681 – 691, 2015.

[3] BEESLEY, L., MORENO-JIMÉNEZ, E., GOMEZ-EYLES, J. L., HARRIS, E., ROBINSON, B., & SIZMUR, T. (2011). A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. Environmental Pollution, 159(12), 3269-3282. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.07.023

[4] BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. Biomass and Bioenergy, v. 38, p. 68–94, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.048>. Acesso em: abril 2024.

[5] CASTRO, A.L.A. Avaliação do resíduo da lavoura de soja como ingrediente de suplementação múltipla para bovinos à pasto na estação seca na região Centro Oeste – Tese de doutorado - Universidade Federal de Lavras. – Lavras-M.G. – 2008. http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3946/1/TESE_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20res%C3%ADduo%20da%20lavoura%20de%20soja%20como%20ingrediente%20de%20suplementa%C3%A7%C3%A3o%20m%C3%BAltipla%20para%20bovinos%20%C3%A0%20pasto%20na%20esta%C3%A7%C3%A3o%20seca%20na%20regi%C3%A3o%20centro%20oeste.pdf

[6] CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA-ESALQ/USP-2019). PIB do

Agronegócio – PIB do agronegócio brasileiro de 1996 a 2018. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx. Acesso em: 02/04/2024.

[7] CHAVES, M.S; SALES, J.C. - Aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar nas usinas sucro-alcooleiras da região do Cariri. Crato: Relatório parcial PIBIC/FUNCAP/URCA, 2022.

[8] EMBRAPA. Plano Estadual de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, 2016. Disp em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160585/1/13376-plano-abc publicacao.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.

[9] FIGUEIREDO, P.G.; TANAMATI, F.Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental. Revista Verde, v.5, n.3, p.1-4, 2010. https://periodicos.unicesumar.edu.br-index.php/rama/article/view/6858/6353

[10] FOONG, et al. Valorization of biomass Waste to Engineered Activated Biochar by Microwave Pyrolysis: Progress, Challenges, and Future Directions. Chemical Engineering Journal. Vol. 389. 2020. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894720303922

[11] JACOBI, P. R. Meio Ambiente e Sustentabilidade. In: Centro De Estudos e Pesquisas de Administração Municipal (Cepam). O município no século XXI: cenários e perspectivas. São Paulo: CEPAM, 2000.

[12] GOERGEN, L.M. Produção de bioenergia a partir de biomassa vegetal e resíduo animal: exemplos da Alemanha e as perspectivas brasileiras – PFC do Curso da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UNB – 2015. Acesso em: 10 abril. https://bdm.unb.br/bitstream/10483/14094/1/2015_LauraMonneratGoergen.pdf

[13] GALADIMA, A.; MURAZA, O. In situ fast pyrolysis of biomass with zeolite catalysts for bioaromatics/gasoline production: a review. Energy Conversion Management, v. 105, p. 338- 354, 2015.

[14] LEONEL, M.; JACKEY, S.; CEREDA, M.P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce – Um estudo de caso. Food Science and Technology – Scielo Brasil. Ago de 1998. https://doi.org/10.1590/S0101-20611998000300016

[15] LIMA, L. K. S. et al. Utilização de resíduo oriundo da torrefação do café na agricultura em substituição à adubação convencional. ACSA — Agropecuária Científica no Semi-Árido, v. 10, n. 1, jan-mar., 2014

[16] McLAUGHLIN, S. B.; KSZOS, L. A. Development of Switchgrass as a bioenergy feedstock in the United States. Biomass and Bioenergy, Aberdeen, v.28, n.6, p.515-535, 2005. Acesso em: 15/04/2024 https://www.researchgate.net/publication/216812890_Development_of_Switchgrass_Panicum_Virgatum_as_a_Bioenergy_Feedstock_in_the_United_States

[17] MARAFON, A.C.; AMARAL, A.F.C.; SILVA, R.G.C.; REIS, E.N.; SOLETTI, J.I.; BISPO, M.D.; MENEZES, A.T. Reciclagem das cascas de coco verde no contexto da economia circular: briquetagem e pirólise – EMBRAPA – Doc. 240 – ISSN 1678-1953.

[18] MARAFON, A.C. Uso da biomassa para a geração de energia – Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 28 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 211). https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155329/1/Doc-211.pdf

[19] MARZO, C. et al. Valorization of agro-industrial wastes to produce hydrolytic enzymes by fungal solid-state fermentation. Waste Management and Research, v. 37, n. 2, p. 149 –156, 2019.

[20] MARASENI, *T. et al.* Carbon smart agriculture: an integrated regional approach offers significant potential to increase profit and resource use efficiency and reduce emissions. J. Clean. Prod., 2021.

[21] MORELLO, Marcelo. Et al. Biomassa para produção de Energia Sustentável. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 10, Vol. 16, pp. 81-102. Outubro de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/meioambiente/energia-sustentavel

[22] OGAWA, M.; OKIMORI, Y. Pioneering works in biochar research, Japan - Australian Journal of Soil Research 48(7):489-500 - october 2010. DOI:10.1071/SR10006 https://www.researchgate.net/publication/262957030_Pioneering_works_in_biochar_research_Japan

[23] OLIVEIRA, M.M. - Estratégias de redução dos resíduos sólidos domiciliares a serem dispostos em aterros sanitários: redução na fonte, coleta seletiva e metanização. João Pessoa, 2022.

[24] PACHECO-PALENCIA, L. A.; MERTENS-TALCOTT, S.; TALCOTT, S. T. Chemical composition, antioxidant properties, and thermal stability of a phytochemical enriched oil from açai (*Euterpe oleracea* Mart.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 56, n. 12, p. 4631-4636, 2008a. » http://dx.doi.org/10.1021/jf800161u

[25] PINHEIRO, P. C. C.; SAMPAIO, R. S.; BASTOS FILHO, J. G. Organização da produção do carvão vegetal em fornos de alvenaria. Biomassa e Energia, v. 2, n. 3, p. 253-258, 2005.

[26] PIRES, A.M.M.; MATTIAZZO, M. E. Efluentes da indústria processadora de batata x preservação do meio ambiente: ênfase no uso agrícola de resíduos. In: SEMINÁ- RIO BRASILEIRO SOBRE PROCESSAMENTO DE BATA- TAS, 2005, Pouso Alegre. Anais... Itapetininga: Associação Brasileira da Batata, 2005. 22p. Disponível em: http://www.abbabatatabrasileira.com.br/ brasil_eventos_minas2005.htm

[27] PHILIPPI JUNIOR.; A.; DOS REIS, L. B. Energia e Sustentabilidade. Barueri: Manole, 2016. 1021 p. Coleção Ambiental. v. 19.

[28] ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S.V.; ROTHMAN, H. Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira. Editora Unicamp – 2020.

[29] SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. Bioenergia e biorrefinaria: cana-de-açucar e espécies florestais. Viçosa: UFV, 2013. 551 p.

[30] SCHALCH, Valdir. Curso de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. CEFET – CE/CAPES: Fortaleza, 2002.

[31] SILVA, R.M.A. DA, NUNES, E.M. Agricultura familiar e cooperativismo no Brasil: uma caracterização a partir do Censo Agropecuário de 2017. Rev. Econ. Sociol Rural, 2023 61(2): e252661. https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.252661

[32] SILVA, A. A.; MELO, J. C. D. S.; TONHOLO, J.; Estudo prospectivo do uso de resíduos agrícolas na produção de novas tecnologias: o desenvolvimento sustentável em foco. Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente, *[S. l.]*, v.2, n.3, p.53, 2021. DOI:10.51189/rema/2075. Disponível em: 05 maio. 2024. https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/2075.

[33] TORRES, A.F. Aplicação do processo de pirólise para valoração, cogeração de energia e tratamento de resíduos. Tese de Doutorado, Programa de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos–UFMG, 2014. Acesso em: 10 de maio. https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9QCHEK/1/tese_artur_torres_filho_ufmg.pdf

[34] TRIPATHI, N.; HILLS, C. D.; SINGH, R. S.; ATKINSON, C. J. Biomass waste utilization in low-carbon products: harnessing a major potential resource. **Climate and Atmospheric Science**, Article number 35, 2019. DOI: https://doi.org/10.1038/s41612-019-0093-5.

[35] VAZ, S.J. Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma abordagem sustentável / Silvio Vaz Junior – Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2020.26 p. - (Embrapa Agroenergia / Documentos, 31)

Capítulo 7

Consumo específico de energia elétrica em uma agroindústria familiar produtora de mel

Eduardo David

Resumo: A agroindústria familiar é uma atividade importante para o desenvolvimento socioeconômico do país, sendo uma opção que agrega valor aos produtos comercializados por pequenos agricultores. A energia elétrica está relacionada diretamente ao processo de agregar valores através do beneficiamento de produtos, tornando-a essencial ao desenvolvimento agroindustrial. Nos dias atuais, com as constantes elevações dos custos com a tarifa de energia elétrica, torna-se necessário mensurar o gasto de energia elétrica nos processos e atividades produtivas agroindustriais, com o intuito de auxiliar na composição final dos custos de produção. O objetivo deste trabalho foi a determinação do custo unitário da produção de mel em uma agroindústria familiar. Obteve-se como resultado um consumo específico de, 1,603 kWh.kg-1para a produção de bisnaga com mel armazenado de 500g e 1,027 kWh.kg-1o para a produção de bisnagas de 500g com mel recém-coletado.

Palavras-chave: Produção de mel, consumo específico, energia elétrica.

1. INTRODUÇÃO

A agroindústria familiar é de grande importância para o desenvolvimento socioeconômico do país, proporcionando ao agricultor melhorias significativas em sua renda.

Segundo Prezotto (2002), a agroindústria familiar contribui direta ou indiretamente com a geração de empregos e de renda aos agricultores familiares, contribuindo com sua (re) inclusão social e econômica. Trentin e Wesz Junior (2004), ressaltam ser esta uma atividade responsável pelo desenvolvimento de varias regiões do Brasil.

A agroindústria melífera paranaense contribui fortemente com a economia do estado, aparecendo em segundo lugar em quantidade de produção nacional de mel, ficando atrás apenas do Rio Grande do Sul, atingindo uma produção de 5.496 toneladas de mel no ano de 2012, representando 16,4% da produção nacional (IBGE 2015).

A energia elétrica é de suma importância para a produção agroindustrial, pois seu uso possibilita a realização de processos essenciais para o beneficiamento dos produtos e sua comercialização. Segundo Manzine (2000), a energia elétrica, essencial ao desenvolvimento, conforto e bem estar da sociedade moderna, é utilizada de forma ineficiente, contribuindo para uma sobrecarga do sistema, provocando sérios problemas à população principalmente em horários de ponta.

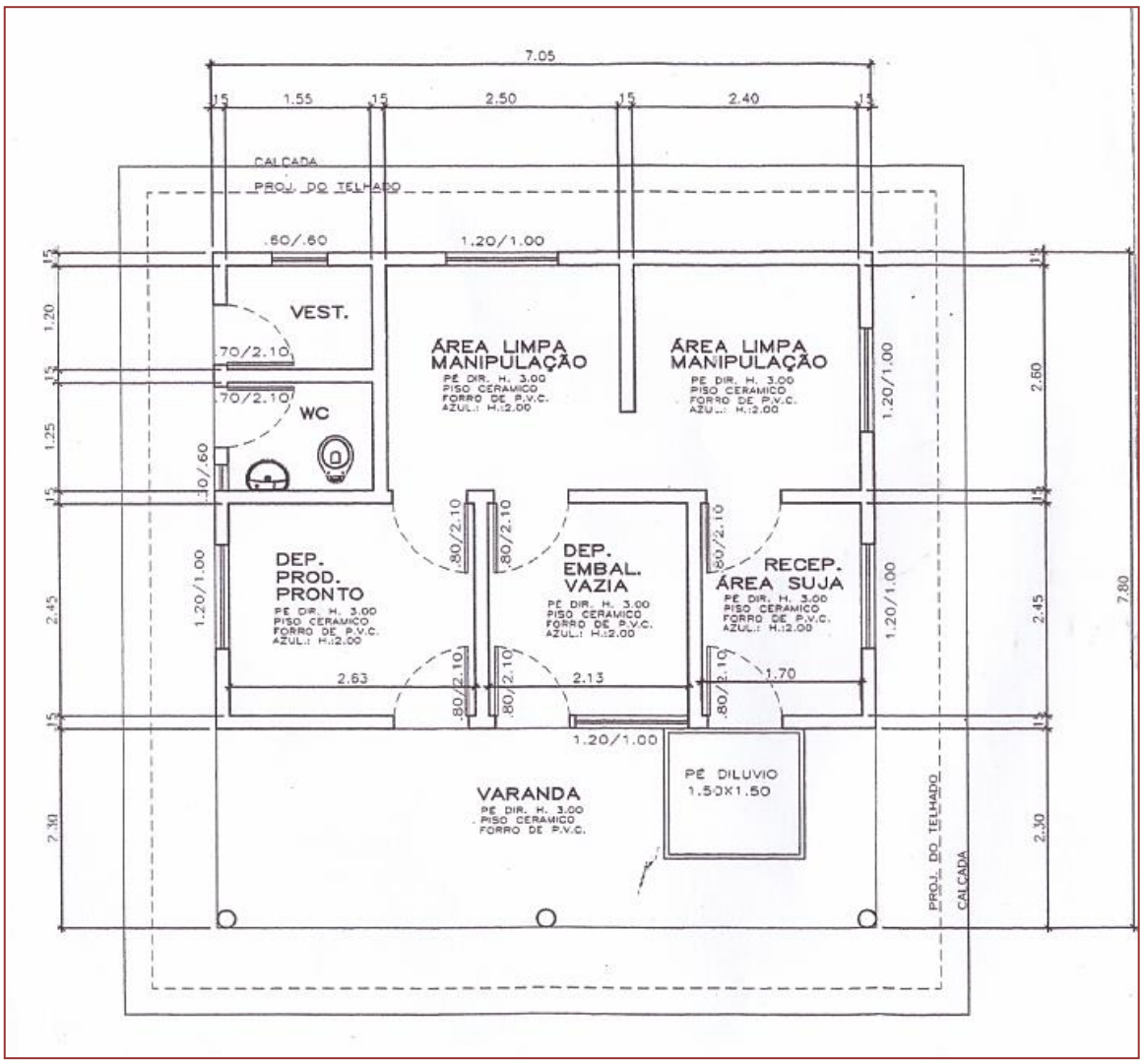
Tendo em vista o atual cenário nacional de energia elétrica, com repetitivos aumentos em seu preço, justifica-se a determinação do consumo específico de energia elétrica necessária para o beneficiamento dos produtos, auxiliando na composição do custo final deste produto.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo a caracterização do consumo específico de energia nas diferentes etapas de beneficiamento de mel realizadas em uma agroindústria familiar situada no município de Cianorte, região Noroeste do Estado do Paraná, com intuito de gerar informações que possam vir a contribuir na composição do custo final do produto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A agroindústria (figura 1) está localizada na zona rural da cidade de Cianorte na região noroeste do estado do Paraná.

Figura 1: Croqui amostral da agroindústria de mel (desenho sem escala)



Fonte: Waldiley José Domingos - Engenheiro da Secretaria da Agricultura de Cianorte.

A produção do mel é própria com criação de abelhas na propriedade, o mel é do tipo silvestre, e a sua variedade depende da época de floração das plantas, sendo principalmente de eucalipto, laranjeira e cana-de-açúcar.

Para a coleta de dados foi utilizado o analisador de energia marca EMBRASUL, modelo RE4000, portando display LCD de duas linhas, 16 colunas e teclado, capazes de permitir a navegação e parametrização do mesmo, para posterior geração automática de relatórios gráficos e descritivos.

O intervalo de coleta de dados foi de 15 minutos. As variáveis elétrricas coletadas com auxílio do analisador de energia foram: tensão; corrente; potência reativa; potência ativa; potencia aparente e fator de potência.

Determinou-se o consumo elétrico individualizado por atividade em todas as etapas de processamento de mel (centrifugação, homogeneização, envase de mel recém coletado e mel armazenado em bisnagas).

O consumo específico de energia necessária para cada atividade que compõe o processo de beneficiamento do mel foi obtido através da equação 1.

$$Ce = \frac{P}{Cp} \qquad (1)$$

em que:

Ce = consumo específico de energia, kWhkg-1;

P= potencia demandada, kW;

Cp = capacidade de produção, kgh-1.

O analisador foi instalado no quadro geral de distribuição da agroindústria.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 1: Consumo específico de energia elétrica na atividade de centrifugação

Horário		Quantidade de produto	Acréscimo de carga	Potência (W)	Potência luminária (W)	Potência total (kW)	Consumo específico (kWh.kg-1)
19:00	22:30	240 kg	01 luminária 2x40	2754,598	280	3,035	0,044
21:15	22:35	100 kg	01 luminária 2x40	1176,653	106,4	1,283	0,017
23:00	23:30	50 kg	01 luminária 2x40	556,696	40	0,597	0,006
21:15	00:00	220 kg	01 luminária 2x40	2030,686	240	2,271	0,028
Média							0,024

A coleta de dados para a atividade de centrifugação foi realizada quatro vezes, com diferentes quantidades de produto, havendo assim, variações no tempo gasto para realização da atividade. O tempo e a quantidade de produto estão relacionados com o consumo específico de energia elétrica, promovendo consumos específicos diferenciados para a atividade.

Na média o consumo específico de energia elétrica para a atividade de centrifugação ficou em 0,024 kWh.kg-1.

Tabela 2: Consumo específico de energia elétrica na homogeneização

Horário		Quantidade de produto	Acréscimo de carga	Potência (W)	Potência luminária (W)	Potência total (kW)	Consumo específico (kWh.kg-1)
18:00	22:00	240 kg	01 luminária 2x40	32152,649	320	32,47265	0,541
12:00	16:00	240 kg	-	32202,691	-	32,20269	0,537
Média							0,539

A atividade de homogeneização foi realizada duas vezes, contendo a mesma quantidade de produto. A primeira homogeneização foi realizada no período noturno, havendo a

necessidade de uso de iluminação, apresentando gasto superior de energia elétrica quando comparada à atividade realizada no período diurno. Na média o consumo específico de energia elétrica para a atividade de homogeneização ficou em 0,539 kWh.kg.

Tabela 3: Consumo específico de energia elétrica no envase de mel armazenado em bisnaga de 500g

Horário		Atividade	Quantidade de produto	Acréscimo de carga	Potência (W)	Potência luminária (W)	Potência total (kW)	Consumo específico ($kWh.kg^{-1}$)
09:00	12:00	Aquecer mel	127 kg	-	33061,698	-	33,0617	0,781
15:00	16:30	Envasar mel	127 kg	-	21942,795	-	21,9428	0,259
Total								1,040

Esta atividade foi realizada para envasar 127 kg de mel em bisnagas de 500g, obtendo um consumo total de 1,040 $kWh.kg^{-1}$.

Tabela 4: Consumo específico de energia elétrica no envase de mel recém-coletado em bisnaga de 500g

Horário		Atividade	Quantidade de produto	Acréscimo de carga	Potência (W)	Potência luminária (W)	Potência total (kW)	Consumo específico (kWh.kg-1)
12:00	15:00	Aquecer mel	120 kg	-	2114,658	-	2,114658	0,053
18:30	20:45	Envasar mel	120 kg	01 luminária 2x40	21737,321	180	21,91732	0,411
Total								0,464

O envasamento em bisnagas de 500g do mel recém-coletado apresentou um consumo específico de 0,464 kWh.kg-1. O mel armazenado cristaliza, utilizando assim uma quantidade de energia elétrica superior para o seu aquecimento, quando comparado ao mel recém-coletado. Já o consumo elétrico despendido no envase do mel armazenado foi inferior ao despendido para o envase do mel recém-coletado, essa diferença foi resultado de se ter gasto mais tempo para realizar o envase do mel recém-coletado do que para o mel armazenado.

4. CONCLUSÕES

Com a determinação do consumo específico em cada atividade na produção de mel, foi possível calcular o custo de energia elétrica por quilo de produto.

Para a produção de bisnagas de 500g com a utilização de mel armazenado, o consumo específico de energia elétrica foi de 1,603 kWh para cada quilo produzido.

Para a produção de bisnagas de 500g com a utilização de mel recém-coletado, o consumo específico de energia elétrica foi de 1,027 kWh para cada quilo produzido.

REFERÊNCIAS

[1] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária municipal.** Rio de Janeiro: IBGE:2012. 68p. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em Junho de 2015.

[2] MANZINE, L. G. **Racionalização de energia elétrica com aplicação da legislação tarifária em indústria de embalagem plástica.** 2000. f 97. Dissertação de mestrado em (Energia na agricultura). Universidade Estadual de São Paulo. Botucatu-SP. 2000.

[3] PREZOTTO, L. L. Uma concepção de agroindústria rural de pequeno porte. **Revista de Ciências Humanas.** Florianópolis, n. 31, p. 134-154, abr. 2002. Mensal. EDUFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Filosofia e Ciências Humanas.

[4] TRENTIN, I. C. L.; WESZ JUNIOR, V. J. **Desenvolvimento e Agroindústria Familiar**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42, 2004. Cuiabá, 2004. **Anais ...** Cuiabá: SOBER, 2004. 20p.

Capítulo 8

Influência da aplicação do Ethrel nas características físicas e físico-químicas da banana 'prata' durante o amadurecimento

Emanoel Fernandes de Araújo Faustino
Pahlevi Augusto de Souza
Greyce Kelly da Silva Lucas
Raquel Januário da Silva
Josimara de Souza Alves
Camila Fernanda de Araújo Faustino

Resumo: A bananicultura possui significativa participação no cenário da fruticultura nacional devido ser climatérico, ou seja, continua o processo de amadurecimento após colhido fisiologicamente maduro. Entretanto, pode ocorrer de forma desuniforme, sendo necessário o uso de métodos de indução do amadurecimento. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da aplicação do Ethrel® nas características físicas e físico-químicas da banana 'Prata'. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado composto pelo controle e pelo tratamento Ethrel® armazenados em temperatura média de 26,3°C e UR média de 52% durante 08 e 05 dias, respectivamente. Os frutos foram avaliados quanto as variáveis perda de massa, aparência externa, cor da casca, acidez titulável, pH e sólidos solúveis. Ao final do experimento pode-se verificar elevada perda de massa. Com relação a aparência externa, ambos os tratamentos apresentaram perda de qualidade, o tratamento já citado antecipou a maturação dos frutos até o estádio 07 em 03 dias. Além de proporcionar uniformização da coloração da casca, notou-se incremento na acidez titulável nos dois tratamentos, sendo maior nos frutos tratados com o Ethrel®, não houve diferença nos valores finais de pH e sólidos solúveis.

Palavras–chave: Armazenamento, Coloração, Etileno, Maturação.

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2022, o cultivo da banana no Brasil atingiu produção de 6.854,22 milhões de toneladas, movimentando cerca de 11,918 milhões de reais (IBGE, 2023). A banana é a fruta mais produzida no mundo, com grande aceitação sensorial pelos consumidores e seu baixo custo, sendo fonte de sais minerais, como potássio e fósforo, vitaminas, especialmente vitamina B e C, e carboidratos (Macedo *et al*., 2019).

Conforme suas características fisiológicas, a banana faz parte do grupo de frutas climatéricas, que após colhida completa o processo de maturação, onde passa por uma série de transformações químicas, físicas e sensoriais (Castricini *et al*., 2023). É durante o amadurecimento dos frutos climatéricos que ocorre pico na produção do etileno, podendo ser produzido de naturalmente (Soares *et al*., 2022). Apesar do etileno ser produzido de forma natural pelos frutos climatéricos, a maturação pode ocorrer de forma desuniforme.

Desta maneira, vem sendo empregados produtos químicos, como o carbureto de cálcio, sendo o método mais utilizado como indutor do amadurecimento e uniformização da coloração da casca, porém, devido sua alta toxicidade, o ethephon (ácido 2-cloroetilfosfônico), princípio ativo dos produtos comerciais Ethrel e Arvest, está sendo utilizado como substituto ao carbureto de cálcio, apresentando maior eficiência, por liberar o etileno na casca dos frutos, possuir baixa toxidez e faixa azul na concentração industrial (Machado *et al*., 2022).

O processo de climatização pode ser realizado através da exposição dos frutos ao etileno sob a forma de gás em câmaras, ou por meio da imersão em solução preparada com o etileno (Castricini *et al.,* 2022). O uso do etileno tem como principal característica, a elevação da taxa respiratória do fruto, com isso atingido de forma mais rápida o ponto de maturação, ocasionando a conversão do amido em açúcares e degradando a clorofila presente na casca. (Botrel *et al*., 2004).

Portanto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos do uso do Ethrel® nas características físicas e físico-químicas da banana 'Prata' ao longo do período de armazenamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Análise Físico-química de Alimentos do Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Campus Currais Novos. As bananas da variedade 'Prata' utilizadas no experimento foram adquiridas na feira livre do município de Currais Novos, no estádio de maturação 1 (totalmente verdes).

As pencas foram sanitizadas em solução de cloro na concentração de 100ppm, em seguida separadas 15 buquês com três frutos, cada tratamento contendo cinco buquês. Sendo divididos em três tratamentos, caracterização inicial dos frutos, controle e tratados com Ethrel®. Para o tratamento com Ethrel®, os frutos foram imersos na solução preparada contendo 15 ml em 10 L de água durante 1 minuto.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo composto pelo controle e pelo tratado com o Ethrel®, com análises realizadas no início do experimento para caracterização do fruto e ao final do período de armazenamento.

O armazenamento ocorreu a temperatura ambiente com temperatura média de 26 °C. Os frutos foram avaliados quanto aos seguintes parâmetros: coloração da casca, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, ratio (SS/AT) e perda de massa.

2.1. COLORAÇÃO DA CASCA

A coloração da casca foi avaliada seguindo a escala de maturação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006).

2.2. TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS

Determinado por leitura com auxílio de refratômetro digital modelo (Milwalkee®), tomando três gotas do filtrado após homogeneização dos frutos em multiprocessador doméstico (Britânia®) com os resultados expressos em °Brix (IAL, 2008).

2.3. ACIDEZ TITULÁVEL E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Determinou-se a acidez titulável (AT) através da titulação de uma alíquota da amostra (2,0 g) adicionada de 50 mL de água destilada e três gotas do indicador fenolftaleína, utilizando-se NaOH 0,1 N, previamente padronizado. Os resultados foram expressos em % de ácido málico (IAL, 2008). Determinou-se o potencial hidrogeniônico diretamente na polpa da fruta após processamento em multiprocessador doméstico (Britânia®) utilizando-se potenciômetro digital modelo Orion Star A125 calibrado com soluções tampão pH 4,0 e 7,0.

2.4. RATIO (SS/AT)

A relação SS/AT foi determinada através do quociente entre os valores do teor de sólidos solúveis e acidez titulável.

2.5. PERDA DE MASSA

Determinada com o auxílio de uma balança semi-analítica modelo (BEL Mark 3.100) considerando-se a diferença entre a massa inicial dos buquês e pesagem obtida ao final do armazenamento, calculada conforme a fórmula abaixo:

$$PM(\%) = \left[\frac{Pi - Pf}{Pi}\right] x100$$

Onde:

PM = perda de massa (%)

Pi = peso inicial do fruto (g)

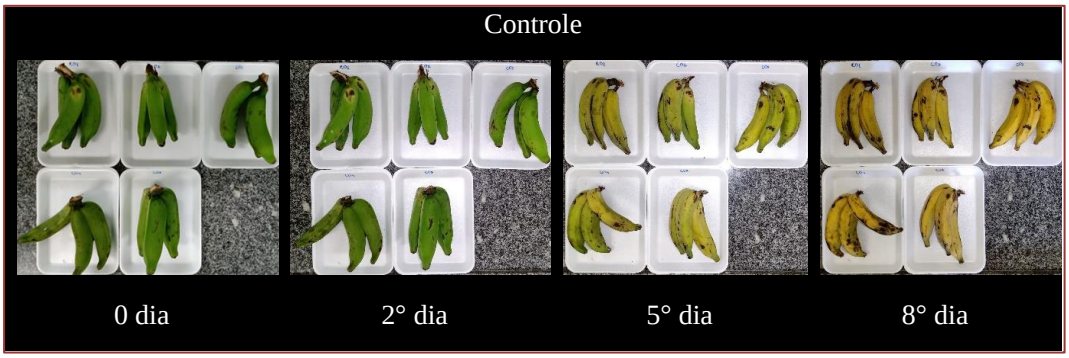
Pf = peso final do fruto (g)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. COLORAÇÃO DA CASCA

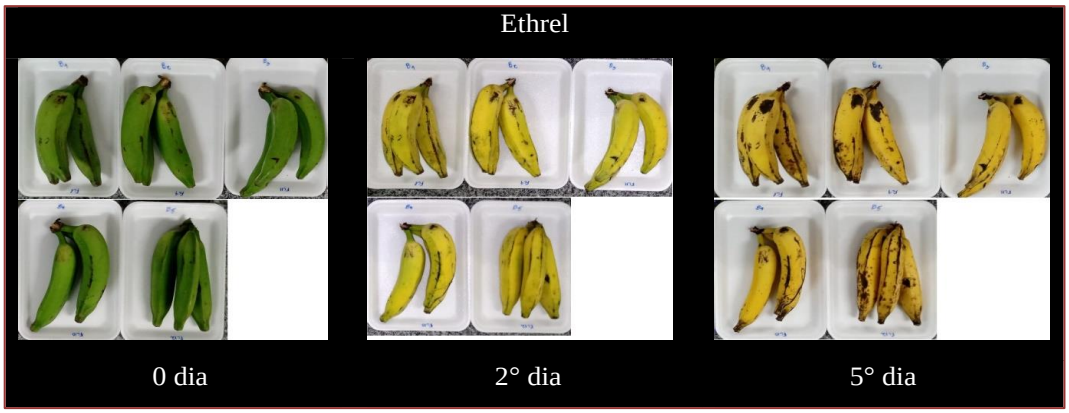
Com relação a coloração da casca, pode-se notar que no tratamento controle, a mudança de estádio ocorreu de forma mais lenta, havendo maturação ligeiramente uniforme, já os que foram tratados com o Ethrel® ocorreu de forma uniforme e tornaram-se amarelos rapidamente. No 5° dia de experimento, todos os buquês que foram tratados com o Ethrel® estavam no estádio 7, enquanto o controle estava no estádio 4, apenas alcançando maturação completa no oitavo dia de avaliação.

Figura 1 - Avaliação da cor da casca da banana 'Prata' correspondentes ao controle (sem recobrimento) durante o armazenamento a temperatura ambiente média de 26,3 °C e UR média de 52% durante 8 dias



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 2 - Avaliação da cor da casca da banana 'Prata' tratadas com ethrel durante o armazenamento a temperatura ambiente média de 26,3 °C e UR média de 52% durante 5 dias



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

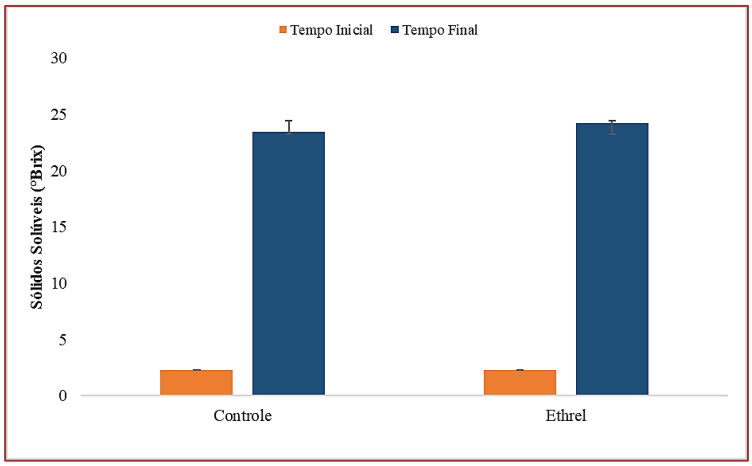
Castricini *et al* (2022), estudando o efeito da climatização de bananas 'BRS Platina' com o uso do etefom verificou comportamento semelhante.

Corroborando com Oliveira (2017), verificou que as bananas Pratinha e Pacovan tratadas com etileno, demoraram dois dias para completo amarelecimento da casca.

3.2. SÓLIDOS SOLÚVEIS

Verificou-se que todos os tratamentos aumentaram o teor de sólidos solúveis durante o armazenamento. Observou-se que os frutos pertencentes ao tratamento com o indutor de amadurecimento apresentaram no quinto dia de experimento 24,2 °Brix, enquanto o controle apresentou após oito dias 23,4 °Brix.

Figura 3 – Avaliação do teor de sólidos solúveis da banana 'Prata', sendo tratamento controle e Ethrel, armazenadas a temperatura ambiente média de 26,3 °C e UR média de 52% durante 8 dias



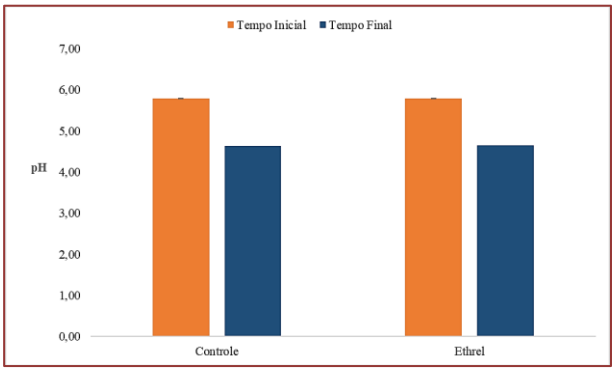
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

De acordo com Dias *et al*. (2021), o estádio de maturação dos frutos define o teor de sólidos solúveis, onde na maioria dos casos aumenta com o avanço do amadurecimento em decorrência da degradação dos polissacarídeos pelo processo respiratório, que conforme o estádio de maturação pode variar. Oliveira (2017) verificou que ao aplicar etileno exógeno em cultivares de banana Pacovan e Pratinha, tiveram comportamento oposto ao obtido neste experimento, onde os frutos tratados com o Ethrel apresentaram maior teor de sólidos solúveis.

3.3. pH

Quanto ao comportamento do pH, foi verificada diminuição ao final do período de avaliação. Tal redução está correlacionada com o aumento de acidez titulável do fruto.

Figura 4 - Avaliação do potencial hidrogeniônico (pH) da banana 'Prata' sendo tratamento controle e Ethrel, armazenadas a temperatura ambiente média de 26,3 °C e UR média de 52% durante 8 dias



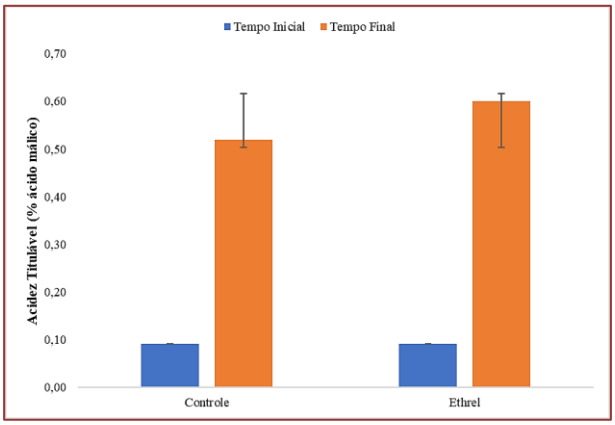
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Machado *et al.* (2022) verificou redução no pH da banana Mysoure independe do tratamento aplicado. Corroborando com os resultados obtidos nesse experimento.

3.4. ACIDEZ

Ao final do armazenamento foi possível verificar aumento no teor de acidez titulável de ambos os tratamentos, o que é considerado um processo normal durante o amadurecimento e se dá pelo acúmulo de ácidos orgânicos. No caso das bananas, diferente do que ocorre em outras frutas, eleva-se os níveis de acidez durante o amadurecimento até que estejam completamente maduras, sendo o ácido málico predominante nessa espécie. Segundo Prill *et al*. (2012), o aumento é decorrente da solubilização das substâncias pécticas como consequência da atividade enzimática.

Figura 5 - Avaliação do teor de acidez titulável da banana 'Prata', sendo tratamento controle e Ethrel armazenadas a temperatura ambiente média de 26,3 °C e UR média de 52% durante 08 dias



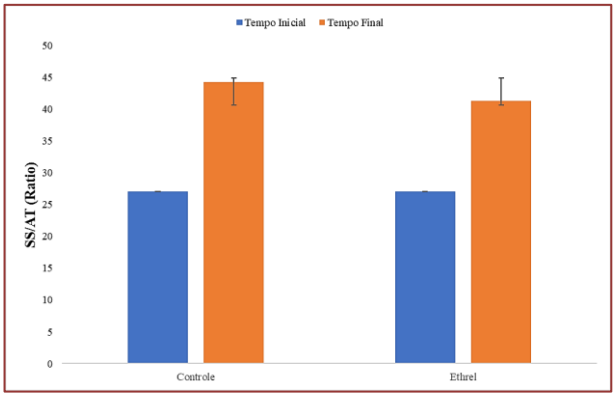
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Souza (2014), avaliando frutos da banana 'Prata-Anã' tratadas com o etefom, relatou comportamento divergente do observado neste experimento, no qual os frutos que não foram tratados com o etefom apresentaram maior acidez titulável. Como também verificado por Oliveira (2017), em que as cultivares Pratinha e Pacovan tratadas com etileno apresentaram maior valor.

3.5. RATIO (SS/AT)

Quanto a relação SS/AT, foi possível verificar aumento para ambos os tratamentos ao final do período de armazenamento. A casca atingir completo amarelecimento da casca o controle apresentou maior valor quando comparado aos frutos expostos ao etileno.

Figura 6 – Relação SS/AT da banana 'Prata', sendo tratamento controle e Ethrel armazenadas a temperatura ambiente média de 26,3 °C e UR média de 52% durante 8 dias



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A relação SS/AT é uma das formas mais desejáveis e utilizadas para avaliar o sabor, sendo mais representativa que a análise isolada de açúcares ou acidez isolada, refletindo um equilíbrio entre as duas características presentes no fruto (Dias *et al,* 2024).

Oliveira (2017) avaliando o uso do etileno nas cultivares Pratinha e Pacovan, verificou comportamento semelhante ao identificado no presente estudo, quando completo amarelecimento da casa, no qual os frutos que não foram expostos ao etileno apresentaram maior valor.

3.6. PERDA DE MASSA

Observou-se que ao final do experimento houve acentuada perda de massa dos frutos, porém, o tratamento controle apresentou maior valor, que após 08 (oito) dias apresentou percentual superior a 20% de perda de massa, seguido pelo tratamento com o Ethrel® com percentual superior a 16%.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) o máximo aceitável de perda de massa sem que a qualidade seja comprometida é de 10%. Desse modo, ambos os tratamentos ficaram

acima do valor. Dados relatados por Machado *et al*. (2022), apontaram valores inferiores que os relatados pelo presente estudo.

Oliveira (2017) avaliando as cultivares Pacovan e Pratinha tratadas com etileno, verificou comportamento semelhante, onde o tratamento controle apresentou maior perda de massa.

Figura 6 – Avaliação da perda de massa da banana 'Prata', sendo tratamento controle e Ethrel armazenadas a temperatura ambiente média de 26,3 °C e UR média de 52% durante 08 dias

Tratamento	PMM (%)
Controle	20,5 ± 1,25
Ethrel	16,6 ± 1,84

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

4. CONCLUSÕES

O uso do Ethrel® como indutor do amadurecimento influenciou diretamente no processo de amadurecimento dos frutos, no qual apenas no segundo dia de armazenamento os frutos encontravam-se no estádio 4 de maturação, completando a maturação no quinto dia. Enquanto os frutos pertencentes ao controle iniciaram a mudança de coloração para o estádio 4 no quinto dia de armazenamento, finalizando no oitavo dia. Ambos os tratamentos apresentaram elevada perda de massa, destacando o Ethrel® com menor valor mesmo com o período de armazenamento encurtado. Notou-se incremento na acidez titulável, sendo maior nos frutos tratados com o Ethrel®. Não houve diferenças entre o pH e os sólidos solúveis.

REFERÊNCIAS

[1] BOTREL, N. et al. AMADURECIMENTO CONTROLADO DE FRUTOS DE DIFERENTES CULTIVARES E GENÓTIPOS DE BANANANEIRAS. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 6, n. 1, p. 7-11, 2004. Disponível em:< Redalyc.Amadurecimiento controlado de frutos de diferentes cultivares e genótipos de bananananeiras>. Acesso em: 24 de jan. 2025.

[2] CASTRICINI, A. *et al*. Conservação e qualidade da banana 'Prata-Anã' após a aplicação do 1-Metilciclopropeno (1-MCP)[1]. EPAMIG. **Circular Técnica**, n.382, fev. 2023. Disponível em:< https://livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/03/CT-382-1.pdf>. Acesso em: 24 de jan. 2025.

[3] CASTRICINI. A. *et al*. Climatização de banana 'BRS Platina'1. EPAMIG. **Circular Técnica**, n.371, jul. 2022. Disponível em: <CT-371.pdf>. Acesso em: 24 de jan. 2025.

[4] CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças – Fisiologia e Manuseio. 2. ed. Lavras: ESAL/ FAEPE, 2005. 785 p.

[5] DIAS, G. A. *et al.* Embalagem biodegradável associada ao permanganato de potássio na conservação pós-colheita de banana 'Prata Gorutuba'. **Revista Observatorio de la Economia Latinoamericana**, Curitiba, v.22, n.10, p. 01-14. 2024. Disponível em: < https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/7485/4666>. Acesso em: 24 de jan. de 2025.

[6] IBGE. SIDRA. Produção Agrícola Municipal. Tabela 1613 - Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>. Acesso em: 23 de fev. de 2025.

[7] INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e

fisicos para analyses de alimentos. 3. ed. São Paulo: IAL, 2008.v. 1, p. 533. Disponível em:< http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf >. Acesso em: 16 de jan. de 2025.

[8] MACEDO, L. L. *et al.* Influência da desidratação osmótica na umidade e textura de banana-passa. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.10, n.1, p.81-87, 2019. Doi: 10.12971/2179-5959/agrotecnologia.v10n1p81-87 Disponível em: https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/view/8077>. Acesso em: 12 de jan. de 2025.

[9] MACHADO, A do S. de O. *et al.* Métodos de indução do desverdecimento de banana mysore para uniformização e padronização do amadurecimento. **Agroamazon**, vol. 1, n.1, p. 114-123, 2022.

[10] OLIVEIRA, G. C. Influência da indução do amadurecimento e caracterização pós-colheita de frutos de genótipos de bananeira. 2017. 78f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espirito Santo, Vitória, 2017. Disponível em: http://repositorio.ufes.br/handle/10/6927 >. Acesso em: 24 de jan. de 2025.

[11] PBMH; PIF. Programa brasileiro para a modernização da horticultura & produção integrada de frutas. Normas de Classificação de Banana, 2006.

[12] SOARES, D. S. *et al*. Amadurecimento natural e artificial da banana da prata (Musa sp.). **Journal of Education Science and Health**, v. 2, n. 4, p. 1–11, 2022. Disponível em: <https://bio10publicacao.com.br/jesh/article/view/156/65>. Acesso em: 24 de jan. de 2025.

[13] SOUZA, E. G. Amadurecimento, climatização e armazenamento refrigerado de frutos de bananeiras 'BRS Platina' e 'Prata-Anã'. 2014. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2014. Disponível em: <http://ri.ufrb.edu.br/jspui/handle/123456789/883>. Acesso em: 24 de jan. de 2025.

Capítulo 9

Podridão das maçãs do algodoeiro

Magna Maria Macedo Nunes Costa

Resumo: A podridão das maçãs do algodoeiro é uma patogenia que atinge produtores de algodão do mundo inteiro. Condições climáticas favoráveis como precipitações pluviométricas, umidade relativa do ar e temperatura altas contribuem de sobremaneira para o apodrecimento das maçãs. Trata-se de uma série de doenças causadas por bactérias e fungos que culmina em danos ao fruto, à fibra e à semente. Os patógenos atacam as maçãs do algodoeiro diferentes formas: por lesões provocadas por insetos ou danos mecânicos; através dos estômatos, dos nectários e das suturas de abertura entre os carpelos ou atravessando a parede celular dos frutos. As principais espécies responsáveis por esse dano na cultura do algodão são: *Fusarium* spp., *Diplodia* spp., *Glomerella gossypii, Xanthomonas* spp., *Rhizoctonia* spp. e *Alternaria* spp. A doença pode ser agravada por espaçamentos densos de plantio, que restringe o fluxo de ar e a possibilidade de secagem das maçãs. As medidas de controle são: seleção de locais para a instalação da cultura com climas que não propiciem o desenvolvimento da doença; drenagem do solo; seleção de variedades adaptadas à região, com folha tipo Okra, bráctea tipo Frego e ausência de néctar; adubação balanceada e sem excesso de nitrogênio e manejo adequado de pragas.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L., Fungo, Bactéria, Aflatoxina.

Foto: Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira.

1. INTRODUÇÃO

A podridão das maçãs do algodoeiro é uma patogenia que atinge produtores de algodão do mundo inteiro. Condições climáticas favoráveis como precipitações pluviométricas, umidade relativa do ar e temperatura altas contribuem de sobremaneira para o apodrecimento das maçãs. Quando a maçã – fruto – do algodoeiro é infectada, já é tarde demais para reverter a doença. Como a podridão das maçãs do algodoeiro persiste até mesmo diante de práticas de manejo precoces, este Comunicado Técnico tem como objetivo discutir a problemática bem como enfatizar métodos para diminuir os prejuízos causados aos cotonicultores (Hu, 2018).

2. PRÉ-REQUISITO PARA O DESENVOLVIMENTO DA DOENÇA

A podridão das maçãs do algodoeiro (Figuras 1 e 2) é um termo genérico para se referir a uma série de doenças causadas por bactérias e fungos que culmina em danos ao fruto, à fibra e à semente. Esses patógenos têm ciclos de vida e mecanismos de destruição característicos. Entretanto, três condições básicas devem ser atendidas para que a doença ocorra (Roughley et al., 2015).

Figura 1 – Desenvolvimento da podridão da maçã do algodoeiro

Foto: Nelson Dias Suassuna.

Figura 2 – Podridão da maçã do algodoeiro

Foto: Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira.

Em primeiro lugar, o microrganismo responsável pela doença deve estar presente. Nesse contexto, as espécies causadoras da podridão das maçãs do algodoeiro são comuns tanto na natureza como nos campos de algodão. Elas podem ser transmitidas através de solos contaminados ou de restos culturais. A maioria dos fungos produz esporos ou células contaminadas que infectam as maçãs através do ar. Essas unidades infecciosas são chamadas de inóculos (Guthrie et al., 1994).

A segunda condição necessária para a doença ocorrer é a presença de um hospedeiro suscetível. Geralmente as doenças, tanto de plantas como de animais, têm hospedeiros específicos que podem ser numerosos ou limitados a uma ou duas espécies. O organismo causador da doença deve ser capaz de crescer e se desenvolver em um potencial hospedeiro, o qual deve ter nutrientes – carboidratos, aminoácidos e outros – em quantidade e balanceamento necessários à bactéria ou ao fungo. Ao mesmo tempo, as defesas da planta ou do animal devem ser desencadeadas para frear a ocorrência da doença (Nagrale et al., 2023).

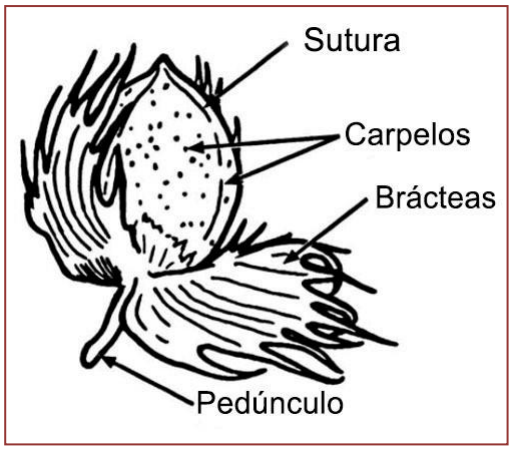
A suscetibilidade de um hospedeiro não é a mesma dentro de uma mesma espécie. No caso de muitas plantas cultivadas, certas cultivares são mais resistentes ou tolerantes a certo organismo patogênico. Essas cultivares podem ocorrer naturalmente ou serem advindas do melhoramento genético. A idade e o estágio de desenvolvimento da cultura também determinam a suscetibilidade ao patógeno. A composição bioquímica do tecido vegetal muda com a idade, com uma correspondente mudança na susceptibilidade aos patógenos. No caso da podridão das maçãs do algodoeiro, ainda não se têm cultivares resistentes. No entanto, existem algumas características das plantas que podem fornecer escape quando a anomalia está presente em uma determinada região (Schuster et al., 2016).

Finalmente, as condições ambientais devem estar dentro de uma certa faixa ótima para que o patógeno germine, cresça e se desenvolva dentro do hospedeiro. As faixas de temperatura e umidade relativa ideais para a podridão das maçãs do algodoeiro variam de 16ºC a 32ºC e de 95% a 100% respectivamente. Fora dessas faixas, quase não se detecta a anomalia. Por exemplo, se a umidade relativa cai para 80%, a maior parte dos fungos cessa o crescimento. O requerimento ambiental de calor e umidade explica o motivo pelo qual áreas chuvosas plantadas com algodoeiro têm mais probabilidade de perdas no rendimento de algodão devido à podridão das maçãs do que áreas mais secas. Danos aos frutos, causados por pragas, criam um ambiente ideal para o desenvolvimento de doenças. Em regiões semiáridas, a podridão das maçãs está geralmente associada às pragas que ocorrem nos estágios iniciais da abertura das maçãs, quando o teor de umidade das fibras ainda é muito alto (Guthrie et al., 1994).

3. AÇÃO DOS PATÓGENOS

Os patógenos que atacam as maçãs do algodoeiro podem penetrar nelas de três diferentes formas. Normalmente, lesões provocadas por insetos ou mecânicas são a porta de entrada para fungos e bactérias. Os patógenos também podem entrar através dos estômatos, dos nectários e das suturas de abertura entre os carpelos (Figura 3). Vários fungos também são capazes de entrar diretamente, atravessando a parede celular dos frutos (Zeng et al., 2017).

Figura 3 – Representação esquemática da maçã do algodoeiro



Adaptado de Guthrie et al. (1994).

Depois de penetrar no tecido da planta, o patógeno deve ser capaz de utilizar os nutrientes disponíveis e colonizar os tecidos adjacentes para continuar se nutrindo. Nessa etapa, o invasor pode não ter sucesso se estiverem presentes no ambiente do hospedeiro compostos inibidores. Por exemplo, a presença de compostos fenólicos presentes no pigmento antocianina – responsável pela cor vermelha das folhas – inibem o crescimento de fungos. Alternativamente, o tecido do hospedeiro pode ter uma reação hipersensível, matando os tecidos que o circundam, privando o patógeno dos nutrientes necessários. O hospedeiro também pode ter barreiras físicas que impedem mais colonização e destruição. Os lóculos separados dentro das maçãs podem ajudar a realizar esse isolamento (Sandipan et al., 2024).

Se as defesas do hospedeiro não forem capazes de impedir o estabelecimento do patógeno, ocorrerá mais colonização e destruição do tecido. O patógeno pode matar o tecido em seu avanço, secretando substâncias que destroem a integridade celular. Dessa forma, o patógeno passa a viver das células mortas. Já outros patógenos se alimentam diretamente das células vivas que podem ou não morrer como resultado do ataque (Ahmed et al., 2013).

4. PATÓGENOS QUE PROVOCAM A PODRIDÃO DAS MAÇÃS DO ALGODOEIRO

Pelo menos 170 tipos de microrganismos são responsáveis pela podridão das maçãs do algodoeiro. As principais espécies responsáveis por esse dano na cultura do algodão são:

Fusarium spp.

Várias espécies de *Fusarium* podem invadir as maçãs do algodoeiro. Elas geralmente entram na base do fruto iniciando a infecção pelas brácteas das maçãs que estão acima de 35 dias de idade. A infecção então se espalha e continua através do pedúnculo, entrando na maçã, e progredindo até o topo. O sintoma característico na superfície externa geralmente é uma coloração que vai de rosa-salmão a branca. A cor rosa na superfície indica a presença de esporos conidiais. Por dentro da maçã, o sintoma característico é uma coloração que vai do azul-escuro ao marrom (Roughley et al., 2015).

Diplodia spp.

Este fungo geralmente ataca as brácteas. Entretanto, tendo umidade suficiente, pode atacar as maçãs através da conexão basal com o pedúnculo, diretamente através da parede do carpelo ou através das rachaduras que se desenvolvem nas suturas entre os carpelos. O *Diplodia* spp. pode colonizar rapidamente a maçã inteira, produzindo uma camada de filamentos pretos e esporos que, por sua vez, fazem com que a maçã fique completamente preta, onde seca e se abre (Guthrie et al., 1994).

Glomerella gossypii

O sintoma inicial do ataque deste fungo são pequenas manchas marrom-avermelhadas e uma depressão central na superfície da maçã. Com o tempo, essas manchas aumentam de tamanho e ficam pretas, formando esporos com uma coloração que vai do cinza sujo ao rosa brilhante. Mais da metade do fruto pode ficar deteriorado. Conforme as maçãs se abrem, as suturas se abrem parcialmente até a base, expondo as fibras enegrescidas nos lóculos afetados (Roca M et al., 2003).

Xanthomonas spp.

O mesmo organismo responsável pela queima bacteriana e pela mancha angular da folha pode causar a podridão das maçãs do algodoeiro. Os sintomas da infecção incluem uma região verde escura, circular, encharcada ou de aparência oleosa, na superfície do fruto. Essa bactéria só consegue entrar por meio de aberturas naturais, como estômatos e nectários, ou orifícios que os insetos fazem para se alimentarem. As bactérias colonizam rapidamente todas as fibras das maçãs. Uma vez instalada a infecção, as fibras grudam-se umas às outras dentro do fruto, ficando com uma coloração amarelada. As sementes contaminadas carregarão a doença para a próxima geração (Ahumada, 2017).

Rhizoctonia spp.

Esse fungo polífago, transmitido pelas sementes, além de causar danos radiculares nas mudas de algodoeiro, que resultam em epinastia, pode causar a podridão das maçãs que estiverem próximas à superfície do solo. Se a umidade estiver suficientemente alta, os filamentos do fungo se estendem pelos caules e infestam os frutos. A podridão das maçãs por *Rhizoctonia* produz uma camada branca opaca de micélios na superfície da maçã que se assemelha à podridão por *Fusarium*, mas o fungo geralmente não produz esporos (Palma-Zambrano et al., 2022).

Alternaria spp.

Este fungo causa manchas foliares no algodoeiro, bem como em gramíneas e plantas daninhas. É abundante em borboletas em decomposição dentro e ao redor dos campos de algodão. Os esporos liberados podem penetrar nas maçãs através das suturas que se formam durante a abertura. Em regiões com alta umidade relativa, as maçãs localizadas na parte inferior da planta são as mais suscetíveis ao fungo. Se a umidade permanecer alta, a cápsula inteira pode ficar infectada e destruída. Por outro lado, se a umidade relativa baixar e o clima ficar seco, a maçã infectada pode não se abrir adequadamente.

Também, as maçãs ficam com uma coloração de opaca a marrom-escura quando secas (Cia et al., 2016).

5. CONDIÇÕES FAVORÁVEIS À PODRIDÃO DAS MAÇÃS DO ALGODOEIRO

O principal fator que controla a permanência e a severidade da podridão das maçãs do algodoeiro é a umidade. Os microrganismos responsáveis por essa anomalia podem ser encontrados em praticamente todos os campos de algodão. Nesse contexto, umidade do solo e umidade do ar altas e persistentes predispõem a cultura aos organismos responsáveis pela podridão das maçãs do algodoeiro. Também, a faixa de temperatura ideal para a abertura e a maturação das maçãs é a mesma favorável ao crescimento e à propagação dos fungos e das bactérias que provocam a podridão. Esses fatores podem ser agravados por um espaçamento mais denso de plantio, o qual restringe o fluxo de ar e a possibilidade de secagem das maçãs quando as condições ambientais ficarem mais favoráveis à cultura (Schuster et al., 2016).

6. MEDIDAS DE CONTROLE

O controle da podridão das maçãs do algodoeiro começa com a seleção do local para a instalação da cultura. Solos pobremente drenados retêm mais água e têm maiores umidades relativas do ar. A seleção de uma variedade adaptada à região ajuda a planta a desenvolver o seu potencial de crescimento e produção mesmo com a presença de patógenos responsáveis pela doença. Característica varietal como folha tipo Okra ajuda a melhorar a penetração de luz solar. Também, bráctea tipo Frego, envolvendo menos o fruto, e ausência de néctar reduzem a presença de insetos na estrutura reprodutiva (Mahmood et al., 2015).

Configurações de plantio com maior espaçamento entre as fileiras e menor densidade de plantas dentro da fileira ajudam a melhorar o movimento do ar e a secagem, o que reduz a umidade relativa do ar dentro do dossel. A adubação balanceada e sem excesso de nitrogênio promove um bom desenvolvimento da planta e evita excesso no crescimento vegetativo. O bom manejo de pragas e o controle rápido em caso de surtos diminuem os ferimentos nos frutos e a subsequente podridão das maçãs (Gregson et al., 2022).

7. PODRIDÃO DAS MAÇÃS DO ALGODOEIRO NO SEMIÁRIDO

No Semiárido, as maçãs do algodoeiro são menos propensas a serem atacadas pelos agentes que promovem a podridão. Condições climáticas quentes e secas não criam condições climáticas favoráveis à instalação da doença. Entretanto, quando o fruto se torna um local para alimentação de insetos, as condições começam a ficar favoráveis, uma vez que o interior da maçã tem uma umidade relativa próxima a 100%. *Nigrospora oryzae* é um fungo que ajuda a suprir as necessidades nutricionais dos ácaros. Quando esses organismos transportam esporos fungicos para a pluma úmida e imatura nos estágios iniciais da abertura das maçãs, os lóculos afetados começam a se retrair e adquirem tonalidade cinza (Araújo, 2008).

8. AFLATOXINA

Aspergillus flavus é um fungo capaz de atacar várias espécies de plantas cultivadas, incluindo milho, amendoim e algodão. No algodoeiro, esse fungo pode apodrecer a parede do carpelo, mas o seu efeito é mais notável na fibra e na semente. Os danos provocados por *A. flavus* enfraquecem e mancham a fibra. Quando o fungo penetra na semente, a qualidade e a viabilidade são perdidas. A aflatoxina, um subproduto metabólico de *A. flavus*, é uma substância extremamente tóxica ao homem e um carcinógenico reconhecido (Abd-Elsalam, et al., 2023).

O *A. flavus* não é capaz de penetrar nas paredes do carpelo de frutos sadios e fechados. A infecção pode ocorrer à medida em que os carpelos começam a se separar durante os estágios iniciais de abertura das maçãs. Se o processo de secagem for atrasado por excesso de cobertura foliar ou chuvas torrenciais, a infecção é mais provável de ocorrer. Entretanto, a lagarta-rosada é mais perigosa do que a umidade relativa do ar em si. Os frutos localizados na metade inferior da planta do algodoeiro representam mais de 90% dos que são atacados por lagarta-rosada e contaminados por aflatoxina. Esse fato reforça a necessidade de manter um manejo eficaz da lagarta rosada para reduzir os níveis desta toxina (Guthrie et al., 1994).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições ambientais que favorecem a podridão das maçãs do algodoeiro são calor e umidade, que são as mesmas condições que favorecem o crescimento das plantas. Dessa forma, o cotonicultor de climas quentes e úmidos tem um dilema: como esperar os frutos de algodão amadurecerem durante um clima favorável tanto para a produção quanto para a podridão das maçãs? Talvez a resposta esteja na utilização de cultivares precoces de algodoeiro.

Em seus esforços para maximizar a produção, os produtores muitas vezes lançam mão de irrigação e adubação nitrogenada em abundância para evitar problemas de crescimento durante o ciclo da cultura. Entretanto, em se tratando de algodoeiro, depois da formação das maçãs, um estresse de água e nitrogênio é necessário. Ademais, nessa cultura, variedades de ciclo curto, com períodos reduzidos de frutificação, devem ser selecionadas para aumentar a maturação das maçãs e reduzir a exposição a pressões crescentes de praga.

Essas práticas devem ser coordenadas como parte de uma estratégia de manejo integrado para obter o máximo de benefício e o mínimo de perdas devido à podridão das maçãs do algodoeiro. O manejo de pragas deve enfatizar a detecção precoce e respostas rápidas aos picos de pressão. A regulação do crescimento é crucial para produzir plantas robustas e com boa frutificação, o que pode ser alcançado com espaçamento adequado, mas sem excesso de folhagem.

A estratégia de manejo também deve levar em conta as janelas de abertura favoráveis das maçãs, as quais podem requerer atrasos propositais no plantio. Durante períodos prolongados de chuvas, a podridão das maçãs do algodoeiro pode causar estragos nas plantas menores. Dessa forma, o plantio pode ser adiado para evitar a abertura das maçãs ainda no período chuvoso para não deixar que os benefícios da precocidade sejam comprometidos pela ocorrência da doença.

REFERÊNCIAS

[1] AHMED, F.; SALEEM, M. U.; HUSSAIN, S. I. Boll rot of cotton. **Plantwise,** 2013. Disponível em: https://plantwiseplusknowledgebank.org/doi/epdf/10.1079/pwkb.20157800157. Acesso em 12 de setembro de 2024.

[2] AHUMADA, D. Bacterial blight of cotton. **NC State Extension Publications,** 2017. Disponível em: https://content.ces.ncsu.edu/bacterial-blight-angular-leaf-spot-of-cotton. Acesso em 12 de setembro de 2024.

[3] ARAÚJO, A. E. de. **Podridão de Maçãs do Algodoeiro: Principais Causas e Manejo.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 22 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 212).

[4] CIA, E.; FUZATTO, M. G.; KONDO, J. I.; CARVALHO, L. H.; ITO, M. F.; DIAS, F. L. F.; GALLO, P. B. Resposta de genótipos de algodoeiro à incidência de mancha de Alternaria. **Summa Phytopathologica,** v. 42, n. 4, p. 357-359, 2016.

[5] EBD-ELSALAM, K. A.; HABEEB, M. M.; ASRAN, A. A. Effects of cultivar, storage period, and seed-borne fungi on aflatoxin content of cotton seeds. **Summa Phytopathologica,** v. 49, e257388, 2023.

[6] GREGSON, A.; NGUYEN, C. P. T.; LE, D. P. First report of Colletotrichum truncatum associated with cottonboll rot in New South Wales, Australia. **New Diseases Reports,** v. 46, e12122, 2022.

[7] GUTHRIE, D.; WHITAM, K.; BATSON, B.; CRAWFORD, J.; JIVIDEN, J. Boll rot. **Cotton Physiology Today,** v. 5, n. 8, p. 1-4, 1994.

[8] HU, J. Cotton stem blight and boll rot. **Cooperative Extension,** 2018. Disponível em: https://acis.cals.arizona.edu/docs/default-source/agricultural-ipm-documents/publications/2018/az1770-2018.pdf?sfvrsn=17bd2b3_4. Acesso em 12 de setembro de 2024.

[9] MAHMOOD, S. M.; SULTANA, N.; RAHMAN, M.; ADAN, J.; CHOWDHURY, S. N. Control of cotton boll rot through selected chemicals. **Journal of Bioscience and Agriculture Research,** v. 5, n. 2, p. 37-49, 2015.

[10] NAGRALE, D. T.; GAWANDE, S, P.; HIREMANI, N. S.; THUBE, S. H.; BEHERE, G. T.; PRASADE, Y. G. Boll rot disease complex and it's integrated management. **ICAR – Central Institute for Cotton Research,** 2023. Disponível em: https://ecotton.dac.gov.in/portal-doc/Cotton-Boll-rot-advisory.pdf. Acesso em 12 de setembro de 2024.

[11] PALMA-ZAMBRANO, O. J.; ZAMBRANO-GAVILANES, F.; PORTALANZA, D.; GARCÉS-FIALLOS, F. R. Ramularia leaf spot and boll rot are affected differently by organic and inorganic nitrogen fertilization in cotton plants. **Bioscience Journal,** v. 38, e38077, 2022.

[12] ROCA M., MACHADO, J. da C.; VIEIRA, M. das G. G. C.; DAVIDE, L. C.; ROCHA, M. L. de M. Compatibilidade sexual e vegetativa do complexo *Glomerella-Colletotrichum* associado a sementes de algodão. **Fitopatologia Brasileira,** v. 29, n. 1, p. 16-21, 2004.

[13] ROUGHLEY, N.; SMITH, L.; ALLEN, S. Integrated disease management for: boll rot, seed rot and tight lock. **CottonInfo,** 2015. Disponível em: https://www.cottoninfo.com.au/sites/default/files/documents/BollRot%20SeedRot.pdf. Acesso em 12 de setembro de 2024.

[14] SANDIPAN, P. B.; PATEL, P. S.; PATEL, R. K.; PATEL, M. C. Effect of different fungicides against the boll rot and foliar disease of cotton under South Gujarat of India. **Biological Forum – An International Journal,** v. 16, n. 5, p. 85-91, 2024.

[15] SCHUSTER, G.; MEDRANO, E. G.; FIELD-HUEY, K. Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) boll rot and associated microorganisms in South Texas fields. **Agricultural Sciences,** v. 7, n. 10, p. 732-746, 2016.

[16] ZHENG, L. S.; YUN, L. X.; JIE, H. J.; MING, Z.; ZHEN, N. G.; GANG, G. Q.; YUN, Z. X.; PING, M. Cotton boll rot occurrence, analysis of varietal resistance and pathogenicity dif ferentiation of the major pathogen. **Acta Phytopthologica Sinica,** v. 47, n. 6, p. 824-831, 2017.

Capítulo 10

Estudos de casos do processo produtivo e distribuição de hortaliças hidropônicas no município de Itacoatiara-AM

Rute Holanda Lopes
Samily Alvarenga dos Santos
Zaquelana Pereira Coutinho

Resumo: Este trabalho tem como objetivo analisar o processo produtivo hidropônico de alface em duas empresas localizadas na zona rural de Itacoatiara, Amazonas. A pesquisa foi conduzida entre outubro de 2023 e agosto de 2024 e incluiu observação direta, registros fotográficos, visitas periódicas e entrevistas com os responsáveis pelas operações. As etapas principais do estudo envolveram a descrição do processo de confecção de mudas, a identificação dos processos e a descrição dos meios de transporte usados na logística. Analisando duas empresas "A" e "B", a empresa "A" utiliza tecnologia de automação na confecção de mudas, o que proporciona agilidade, mas enfrenta desafios relacionados ao planejamento da colheita e à qualidade final do produto devido à colheita aleatória. Já a empresa "B" realiza a confecção de mudas de forma manual, o que demanda maior esforço, mas se beneficia de um planejamento mais estruturado e constante no volume produtivo, ambas as empresas têm oportunidades de melhoria.

1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento populacional tem impulsionado a demanda por uma produção alimentar cada vez mais robusta, capaz de fornecer alimentos saudáveis, acessíveis e sustentáveis respeitando os sensíveis sistemas ambientais (Saath e Fachinello, 2018). Dessa maneira, diversas formas de agricultura desenvolveram-se para adaptarem-se às condições climáticas de diversas regiões do mundo, como a região Amazônica do Brasil, em especial a agricultura familiar hidropônica que emerge como uma alternativa promissora. No entanto, sua inserção neste ecossistema requer adaptações significativas, as quais apresentam características únicas (Marcelle, 2023).

A agricultura familiar é de vital importância para Savoldi e Cunha (2010) que descrevem três tipos de agricultura familiar, entre elas a agricultura familiar de caráter empresarial na qual é conhecido como "verdadeiro agricultor", o mesmo possui uma estrutura de produção rentável, sobretudo, voltada para o mercado. Segundo o Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Amazonas-IDAM (IDAM, 2020), afirma que 90% da produção de alimentos na região é realizada através da agricultura familiar. A produção hidropônica no Amazonas em 2019 alcançou o patamar de 14,9 milhões de pés de alface produzidos no Amazonas, 87% são cultivados em Manaus, Iranduba, Itacoatiara e Manacapuru, (IDAM, 2020).

A hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas que vem sendo desenvolvida há quase cem anos, um período bem mais curto do que a agricultura tradicional praticada no solo (Jensen e Resh, 2012). A hidroponia pode ser definida como a produção sem a utilização de solo, a partir da disponibilização de luz, nutrientes e água às plantas (Xydis *et al*, 2017). Para Adidas (2019) a hidroponia de Fluxo Laminar de Nutrientes (*Nutrient Film Technique*) - NFT é comumente utilizada pela grande maioria dos produtores hidropônicos, apesar de apresentar uma maior complexidade em seu arranjo físico estrutural. Shishido e Oliveira (2021) reforçam que o sistema NFT consiste na utilização de bombas d 'água, reservatório de nutrientes que tem objetivo de levar os nutrientes juntamente com a água através de canos até as raízes.

Jensen (2012) ressalta que as raízes das plantas do sistema hidropônico desempenham um papel crucial na absorção de nutrientes essenciais presentes na água, a qual é enriquecida com adubo e sais. Além disso, na parte superior da planta, ocorre um contato com a luz e o ar do ambiente, permitindo a absorção de oxigênio, componente essencial para o desenvolvimento da cultura cultivada (Adidas, 2019).

As práticas relacionadas à hidroponia na região Amazônica fomenta modificações e adaptações deste sistema, mostrando-se necessárias para a viabilidade das culturas. A alface, segundo Bonamigo e Ferreira (2019), no sistema hidropônico cresce livre de contaminação, pois, é controlada a quantidade de sais, nutrientes e água, contribuindo assim para um produto saudável e financeiramente rentável.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo descrever o processo produtivo hidropônico e escoamento da alface na AM 010 e Ramal da Rondon 1 do município de Itacoatiara-AM. Para tanto, foram analisados dois estabelecimentos que possuem o mesmo nicho de mercado, porém, com peculiaridades distintas em seus processos que impactam diretamente no produto final.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1. PROCESSOS HIDROPÔNICOS

A hidroponia ganhou relevância nos últimos 20 anos no Brasil pela sua alta produtividade e pela facilidade de controle ao ambiente, além de proporcionar condições de trabalho mais ergonômicas em comparação ao cultivo tradicional, segundo (Lélis *et al*, 2023). Nascimento (2022) descreve que a hidroponia é a técnica de cultivo sem o uso de solo, utilizando o fornecimento de nutrientes por meio da água de irrigação que em contato com as raízes das plantas favorece o crescimento da cultura. Possuindo uma maior produtividade por unidade em metros quadrados comparado ao cultivo tradicional, contribuindo significativamente para a qualidade dos produtos produzidos e alavancando a rentabilidade para os produtores (Souza *et al*, 2020).

Bezerra e Paes (2013) descrevem que a hidroponia pode ser classificada em quatro tipos: hidroponia didática, hidroponia científica, hidroponia ornamental e hidroponia comercial. A hidroponia comercial é aquela que proporciona retorno financeiro, necessitando de maior infraestrutura e investimento, afirma Modesto (2023).

Para que o empreendimento obtenha êxito é necessário entender a funcionalidade do processo de cultivo, ajustando as necessidades da cultura a ser cultivada e da infraestrutura que sofre adaptações de acordo com a região em que está inserida. As etapas do processo produtivo da cultura de alface pode ser visualizada no fluxograma proposto por Andrade *et al* (2019), ressaltando as etapas importantes como preparo das sementes, solução nutritiva e tratos culturais. A descrição destas etapas ajuda na identificação de sequências envolvido no processo hidropônico.

Figura 1 – Mapeamento do Fluxo Produtivo Hidropônico

Fonte: Andrade *et al* (2015).

Modesto (2023) ressalta que a hidroponia permite o máximo rendimento das culturas cultivadas, o que torna o sistema economicamente viável. É um método que usa eficientemente os recursos hídricos e nutrientes depositados nos sistemas, o que resulta na diminuição da poluição do solo, rios e lagos. Existem diversas variações no modelo de cultivo da hidroponia, dentre eles a hidroponia (NFT), juntamente com a utilização

de substrato.

2.2. LOGÍSTICA E ESCOAMENTO DE PRODUÇÃO

A manutenção da qualidade dos alimentos por períodos prolongados exigiu o desenvolvimento de métodos e tecnologias de conservação (Souza, 2019). A logística desempenha um papel crucial na preservação da qualidade dos alimentos durante o transporte até o cliente. Nesse contexto, o processo logístico pode ser definido como "o conjunto de tarefas necessárias para que o produto chegue ao cliente com qualidade e rapidez; contudo, um planejamento cuidadoso é imprescindível para o sucesso do processo" (Marinho; Silva; Ayres, 2019, p. 9).

Portanto, a logística pode ser entendida como o processo que possibilita a entrega de bens e serviços em horários e locais pré determinados (Souza, 2019). As inovações tecnológicas no setor logístico, advindas de mudanças em produtos, processos e serviços, têm contribuído para a melhoria dos processos e garantia da qualidade dos produtos (Reis, 2004).

Visando melhorar a resposta ao cliente e reduzir a necessidade de estocagem, as empresas buscam otimizar a gestão de seus estoques (Amorim e Goivinho, 2022). No entanto, para manter a eficiência, a gestão de estoques deve transcender a simples estocagem de curto e médio prazo, adotando uma visão mais sistêmica.

O escoamento da produção é um aspecto fundamental que deve ser amplamente analisado em qualquer setor, uma vez que sua eficácia influencia diretamente o desempenho do processo subsequente à produção (Lima et al., 2020). De acordo com Campos (2024), a principal dificuldade da logística brasileira em apoiar o escoamento dos produtos agrícolas reside no setor de transportes.

Problemas relacionados à logística e à infraestrutura de transportes e armazenagem têm um impacto significativo nos custos de produção e limitam a competitividade do agronegócio brasileiro. Estes desafios são evidentes na dificuldade enfrentada pelos produtores durante o escoamento da safra (Lima *et al*., 2020).

3. OBJETIVOS

3.1. GERAL

- Estudar o processo de produção e escoamento de hortaliças hidropônicas na AM 010 e Ramal da Rondon I do município de Itacoatiara-AM.

3.2. ESPECÍFICO

- Descrever o processo de produção de hortaliça produzido no sistema hidropônico;
- Identificar os principais meios de escoamento da produção;
- Analisar os principais gargalos no processo de escoamento da produção;

4. METODOLOGIA

4.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A presente investigação adota uma abordagem exploratória, destinada a examinar de forma preliminar uma área de estudo ou problema que ainda não foi amplamente explorado. O objetivo primordial da pesquisa exploratória é familiarizar-se com o tema em análise. Segundo Gasque (2007), esse tipo de pesquisa é fundamental para formular hipóteses que possam gerar insights e direcionar pesquisas subsequentes, mais detalhadas e específicas.

Essa pesquisa tem abordagem qualitativa, que segundo Guerra (2014) discorre que o cientista objetiva aprofundar-se na compreensão dos fenômenos que estuda nas ações dos indivíduos, grupos ou organizações em seu ambiente ou contexto social. Dessa maneira, a perspectiva do pesquisador é observar os sujeitos que participam da ação sem preocupar-se com representatividade numérica, generalizações e relações lineares de causa e efeito (Guerra, 2014).De acordo com os procedimentos de estudo, essa pesquisa classifica-se como um estudo de caso, o qual busca o aprofundamento detalhado do caso estudado, permitindo ao pesquisador a explorar o local do caso em questão, e segundo Gil (2017) o estudo de caso envolve um grupo, um evento ou um local geográfico. Na busca por esses dados incluem na coleta entrevistas, observações, registros e outros materiais relevantes.

As técnicas de coletas de dados utilizadas enquadram-se como observação passiva, observação documental e entrevista semiestruturada. Conforme Guerra (2014) a observação passiva consiste em vivenciar os fatos sem interferir no meio observado, coletando dados do ambiente, permitindo que o pesquisador seja apenas um observador.

4.2. PROCEDIMENTO DO ESTUDO

Esta pesquisa foi realizada durante o período de 20/10/2023 a 01/08/2024. Conforme o objetivo traçado, para os procedimentos de estudo e desenvolvimento deste trabalho foram realizados: registros fotográficos, observação direta, visitas periódicas aos locais de pesquisa, tendo como base a literatura como fundamento primordial e para maior entendimento foi-se necessário a entrevista para a caracterização de como os processos hidropônicos são realizados.

A pesquisa ocorreu em duas empresas denominadas “A” e “B” da zona rural de Itacoatiara no Amazonas, localizadas na AM 010 no KM 08 e no Ramal da Rondom I, com o foco no processo produtivo hidropônico da alface.

5. RESULTADOS/DISCUSSÃO

5.1. DA COLETA DE DADOS

Nas entrevistas buscou-se conhecer os processos produtivos e o sistema logístico de distribuição das alfaces. O processo produtivo divide-se em algumas etapas: A primeira etapa consistia em identificar o processo de confecção das mudas de alface. A segunda etapa é o processo de colheita, triagem e distribuição. A terceira é a descrição do processo de distribuição utilizado pelas empresas.

5.2. EMPRESA "A"

Para a confecção de mudas da empresa, utiliza-se sementes de alface peletizadas que são depositadas em espuma fenólica utilizando um equipamento conhecido como semeadeira.

A semeadora de pressão de espuma fenólica realiza a perfuração de 345 células em uma única vez, proporcionando agilidade nesta etapa. Estas ações podem ser visualizadas na figura 2 a seguir.

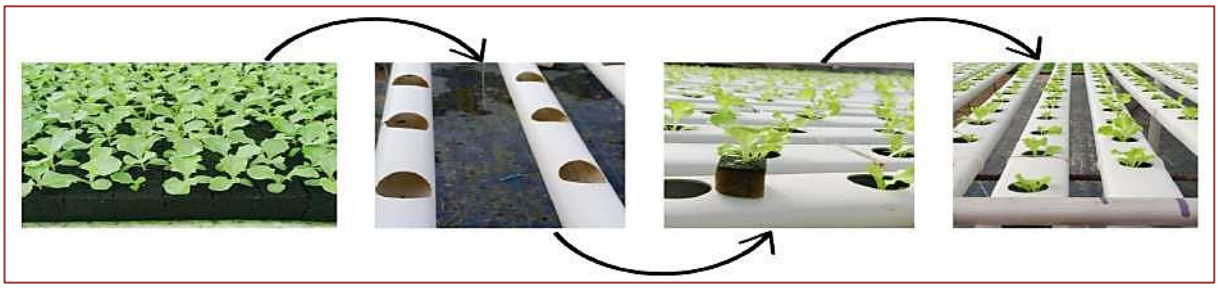
Figura 2 - Processo de Confecção de Mudas da empresa A

Fonte: O próprio autor.

Após as sementes passarem pela semeadora ocorre a umidificação com água filtrada e são colocadas sobre uma bandeja e cobertas com papelão por 24h. Em seguida, as bandejas com as alfaces ficam em um local chamado "maternidade" sem o recebimento de luz solar em prateleiras para a quebra de dormência das sementes. Na segunda etapa após esse período ocorre a germinação/folhagem, em seguida as bandejas são direcionadas para o berçário que é adaptação solar em mesas com sombrite e começam a receber em quantidades menores a solução nutritiva durante sete dias.

Na terceira etapa a alface começa a se desenvolver rapidamente com a solução nutritiva e no decorrer de quinze dias a quantidade de nutrientes da solução nutritiva aumenta juntamente com o tempo de exposição solar. Depois as bandejas são separadas das unidades e colocadas nas tubulações com o recebimento de nutrientes. Esse processo pode ser visualizado na figura 3 a seguir.

Figura 3 - Processo de separação das mudas

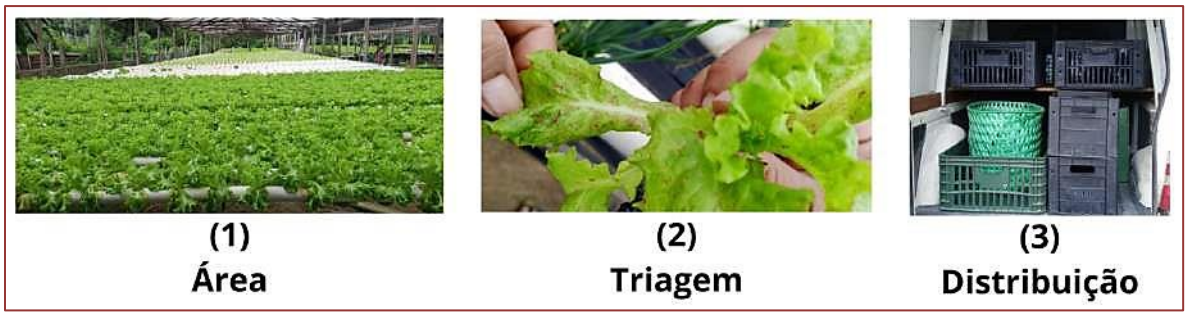


Fonte: O próprio autor.

Nas tubulações as alfaces recebem a água com a solução nutritiva conforme descrito no sistema NFT e permanecem por mais 15 dias até a retirada para a comercialização e distribuição.

Nesta etapa ocorre a escolha da área a onde a colheita será realizada, porém caso o quantitativo de maços de alface não sejam suficientes para cobrir a demanda do dia os colaboradores buscam suprir retirando pés de alface de outros setores, como pode ser observado na etapa (1). Após a retirada dos pés de alface ocorre a triagem (2) a onde ocorre a retirada das imperfeições eventuais das folhas e em seguida são colocadas em sacos plásticos. A distribuição das alfaces é feita em caçapas, cestos e caixas de plástico (3). Esses passos podem ser visualizados na figura 4 a seguir.

Figura 4 - Processo de triagem e distribuição das alfaces da empresa A

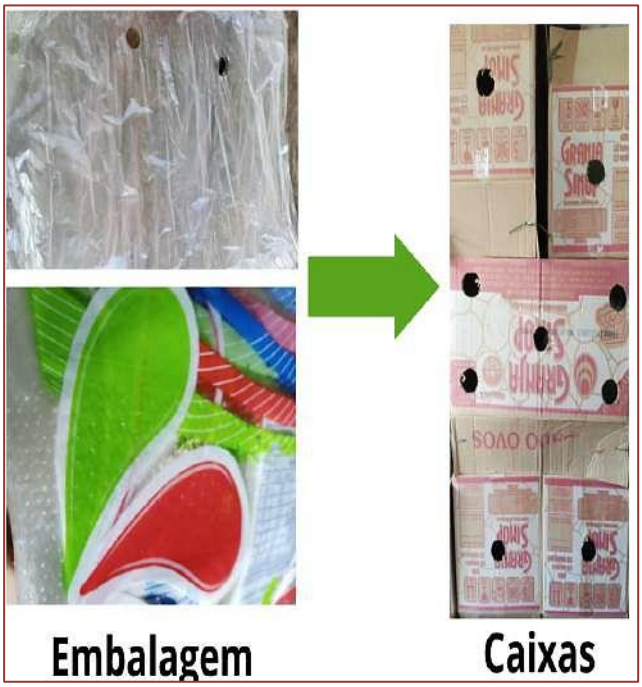


Fonte: O próprio autor.

Após os pés de alface completar o tempo adequado para o desenvolvimento nas tubulações é feita a colheita. A colheita por ser previamente planejada proporciona um volume diário de 1450 pés de alface. A colheita é realizada por lote com o tempo de amadurecimento em torno de 40 dias.

As alfaces passam pela triagem para a retirada de imperfeições nas folhas, são colocadas em sacos plásticos com furos para auxiliar na ventilação e colocadas em caixas de papelão também com furos que auxiliam no transporte como pode ser observado na figura 5.

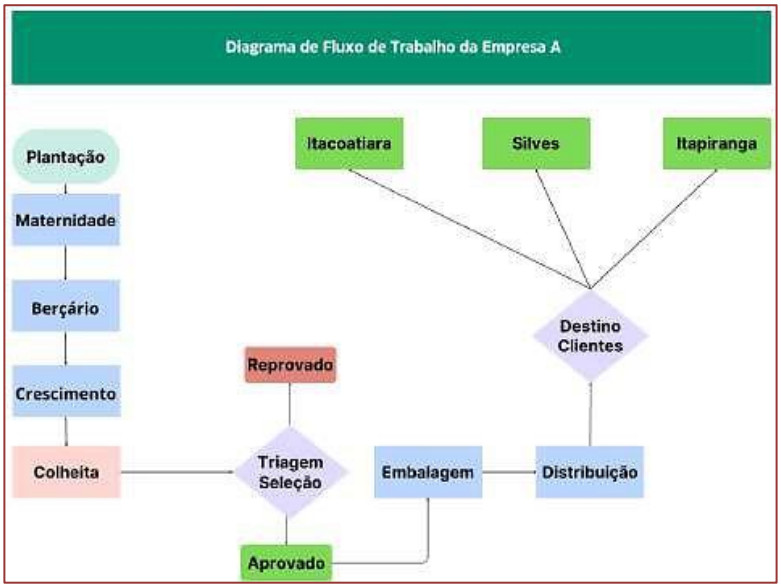
Figura 5 - Processo de embalagem e distribuição das alfaces



Fonte: O próprio Autor.

Nas duas empresas a espuma fenólica acompanha as alfaces proporcionando uma durabilidade maior por conta da permanência de água nas raízes. Todos os processos desde a confecção até a destruição podem ser observados na figura 6 a seguir:

Figura 6 - Diagrama do Fluxo de Trabalho da Empresa A



Fonte: O próprio autor.

A empresa “A” apresenta segmentos distintos nesta etapa do processamento, devido ao grande volume de demanda para o abastecimento da cidade de Itacoatiara e municípios de Silves e Itapiranga, então a empresa opta por realizar a retira de maneira aleatória os pés de alface a fim de alcançar o tamanho adequado do maço para a comercialização.

5.3. EMPRESA “B”

Para a confecção de mudas da empresa, utilizam-se sementes de alface peletizadas que são selecionadas, reservadas em um recipiente e depositadas na espuma fenólica de forma manual utilizando uma pinça. Em seguida as espumas fenólicas são depositadas sobre uma bancada a qual é umedecida com a água filtrada e coberta com papelão por 7 dias. Essas etapas podem ser visualizadas na figura 7 a seguir:

Figura 7 - Processo de Confecção de Mudas da empresa B

Fonte: O próprio autor.

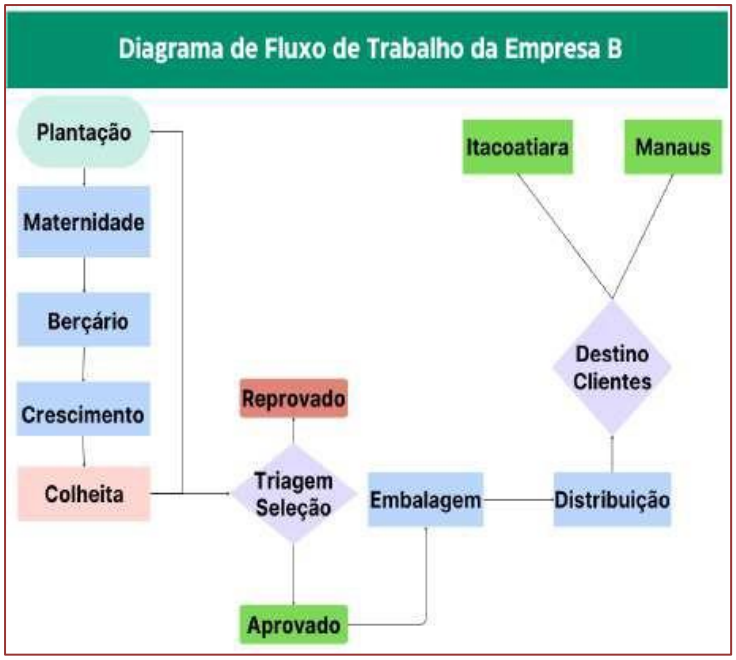
Após a germinação das sementes de alface, as mudas são destinadas às tubulações para o recebimento de água com solução nutritiva, permanecendo o ponto de colheita. Após um período de 35 dias é realizada a retirada dos pés de alface seguindo para a triagem, embalagem e distribuição conforme a figura 8.

Figura 8 - Processo de colheita, triagem, embalagem e distribuição das alfaces empresa "B"

Fonte: O próprio autor.

Após o período de amadurecimento das mudas de alface ocorre a colheita de forma aleatória nas tubulações e encaminhadas para o setor de triagem. Em seguida ocorre a triagem onde é realizado um processo de separação e retirada das folhas que apresentam alguma deformidade em seguida é direcionada para o setor de embalagem a onde será devidamente embalada em sacolas plásticas com a logo da empresa e estocadas em cestos para o transporte e distribuição. O fluxo de trabalho da empresa B pode ser observado na figura 10 a seguir.

Figura 10-Diagrama de Fluxo B



Fonte: O próprio autor.

O escoamento da produção da empresa B é, portanto, um processo meticuloso que abrange desde a confecção inicial das mudas até a embalagem final dos produtos, garantindo que as alfaces sejam entregues ao mercado com a qualidade esperada. A empresa B entrega seus produtos para as cidades de Itacoatiara e capital Manaus com os seguintes veículos: carro e caminhão refrigerados.

6. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada em duas empresas hidropônicas, denominadas "A" e "B", da zona rural de Itacoatiara, no Amazonas, proporcionou uma visão abrangente sobre as práticas adotadas na produção de alface. Ao longo do estudo, foram analisadas etapas importantes do processo produtivo, desde a confecção das mudas até o escoamento da produção, com destaque para a identificação de gargalos.

A empresa “A” demonstrou maior agilidade no processo de confecção de mudas ao utilizar uma semeadora de pressão para perfuração simultânea das células. Esse recurso técnico proporcionou uma otimização do tempo, garantindo maior eficiência no processo inicial de produção. No entanto, a empresa enfrenta desafios no escoamento da produção, pois a colheita ocorre de forma aleatória, resultando em variações no tamanho e na qualidade das alfaces. Além disso, o transporte é feito em cestos e caixas de plástico, o que, apesar de ser prático, pode limitar a preservação do produto durante o transporte.

Por outro lado, a empresa “B” apresenta um processo de confecção de mudas mais manual e menos automatizado, o que demanda maior tempo e esforço por parte dos colaboradores. No entanto, seu planejamento de colheita por lotes e a constância no volume de produção proporcionam uma maior previsibilidade e regularidade na distribuição, especialmente para mercados maiores, como Manaus. A embalagem das alfaces em sacos plásticos com furos e em caixas de papelão também representa um diferencial, permitindo melhor ventilação durante o transporte e preservando a qualidade do produto.

Apesar das diferenças observadas, ambas as empresas podem realizar melhorias significativas. A empresa “A” pode se beneficiar de um planejamento de colheita mais estruturado, reduzindo as variações na produção e melhorando a qualidade final do produto. Além disso, uma mudança na logística de transporte, como o uso de embalagens que promovam melhor ventilação, pode aumentar a durabilidade das alfaces durante a distribuição.

Para a empresa “B”, a automação de certas etapas, como a confecção de mudas, poderia reduzir o tempo e o esforço investido nessa fase, permitindo maior eficiência e redução de custos. Além disso, a expansão de sua capacidade produtiva poderia atender à crescente demanda do mercado local e regional.

Portanto, ambas as empresas têm pontos fortes e áreas que podem ser aprimoradas. A combinação de práticas eficientes de produção, planejamento logístico e a adoção de novas tecnologias podem contribuir para o sucesso contínuo e o crescimento sustentável de suas operações no setor hidropônico. A importância de futuras pesquisas científicas nesse setor não pode ser subestimada. A hidroponia é uma técnica agrícola com potencial significativo para a produção sustentável, especialmente em áreas com limitações de solo e água, como a região amazônica. Estudos futuros podem explorar novas tecnologias de automação, otimização de soluções nutritivas, técnicas de manejo de colheita e melhorias

logísticas, contribuindo para a evolução contínua do setor. Investir em pesquisa científica é essencial para aprimorar processos, reduzir custos, aumentar a eficiência produtiva e promover práticas sustentáveis que beneficiem tanto os produtores quanto os consumidores.

REFERÊNCIAS

[1] ADIDAS W. **Hidroponia**: o melhor guia sobre hidroponia para ganhar tempo e dinheiro. Babelcube, Inc. Tradução: Emanuelle Buzin, 2019.

[2] AMORIM, A. C. ; GOIVINHO, V. F.B. A importância da logística na infraestrutura do agronegócio brasileiro. **RGE - Revista de Gestão e Estratégia**. Assis, V.1, n.4, p. 17-27, 2022. Disponível em: https://storage.googleapis.com/production-hostgator-brasil-v1-0-3/703/940703/o9vuz1RL/fde886aaf4784d96af7e628b852f1ffe?fileName=RGE%20-%20Vol.1%20-%20N%C2%BA4%20-%202022.pdf. Acesso em: 04 de maio de 2024.

[3] ANDRADE, L. M. N. **Custeio sequência na produção de hortaliças produzidas em sistema hidropônico no município de Presidente Médici-RO, Amazônia legal, Brasil**. XIV Congresso Internacional de Costos. 2015. Disponível em: https://www.intercostos.org/documentos/congreso-14/35.pdf. Acesso em: 19 jan. 2024.

[4] CAMPOS, A. P. A; PANTOJA, R. S. **Análise do sistema de logística de uma empresa de distribuição de hortaliças:** um estudo de caso. Orientadora: Rayra Brandão de Lima. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Tomé-Açu, PA, 2024.

[5] GASQUE, K. C. G. D. **Teoria fundamentada: nova perspectiva à pesquisa exploratória**. In: MUELLER, Suzana Pinheiro Machado (Org.). Métodos para a pesquisa em Ciência da Informação. Brasília: Thesaurus, 2007. p. 83-118.2007.

[6] GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

[7] GUERRA, E. L. A. **Manual Pesquisa Qualitativa.** Ânima Educação. Belo Horizonte, 2014.

[8] IDAM. **Alface hidropônica produzida em Manaus constitui 67% da oferta em feiras e mercados locais**, 2020.Disponível em: <http://www.idam.am.gov.br/alface-hidroponica-produzida-em-manaus-constitui-67-da-oferta-em-feira s-e-mercados-locais/>.Acesso em:28 mar.2023.

[9] JENSEN, M. H. Hydroponics worldwide: a technical review. **Acta Horticulturae**. n. 481, pp. 719-730, 2012.

[10] LÉLIS, A.T. *et al*. O uso de um sistema hidropônico aplicado na agricultura familiar. **Revista Observatorio De La Economia Latinoamericana**, Curitiba, v.21, n.11, p. 18831-18852. 2023.

[11] Lima, E. F. *et al*. Agricultura familiar e escoamento de produtos agrícolas: a experiência do ramal da sudam (Itacoatiara-AM). **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, Espírito Santo, Brazil, v. 6, n. 4, p. 12–24, 2020. Disponível em: https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/30047. Acesso em: 30 de ago. 2024.

[12] MARCELLE, I. **Em Fonte Boa, Idam orienta o desenvolvimento da hidroponia em 2023**. IDAM Disponível em:<http://www.idam.am.gov.br/em-fonte-boa-idam-orienta-o-desenvolvimento-de-hidroponia-do-munici pio/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

[13] MARINHO, M. C; SILVA, T. S.; AYRES, M. A. C. **Gestão em logística e o uso da tecnologia na empresa**. Revista Humanidades e Inovação, Maranhão, v. 6, n. 12, p. 9- 14, 2019. Disponível em: https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/1072. Acesso em: 11 ago. 2023.

[14] MARTINS, L. T. CORRÊA. **Como montar uma hidroponia – Sebra. [2020]**. Disponível em: https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RN/Anexos/Horticultura-Como-montar-um a-hidroponia. Acesso em: 29 mar. 2023.

[15] MODESTO, F J. N. **Viabilidade Econômica do Coentro Hidropônico Cultivado Com Diferentes Cenários De Produção.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de

Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Doutorado em Engenharia Agrícola, Bahia.2023.

[16] NASCIMENTO, R. L. **Sistema hidropônico para hortaliças**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém-PA, 2022.

[17] NETO. E.B; BARRETO. L.P. As técnicas da hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, [S. l.], v. 8, p. 107–137, 2013. Disponível em: https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/152. Acesso em: 30 ago. 2024.

[18] PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013

[19] RUDIO, F. C. **Introdução ao projeto de pesquisa científica.** Petrópolis: Vozes, 2002.

[20] SAATH. K. C. O. FACHINELLO. A. L. **Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2018.

[21] SAVOLDI, A.; CUNHA, L. A. Uma abordagem sobre a agricultura familiar, Pronaf e a modernização da agricultura no sudoeste do Paraná na década de 1970. **Revista Geografar**, Curitiba: Universidade Federal do Paraná - UFPR, Programa de Pós-Graduação em Geografia, v. 5, n. 1, p. 25-45, jan./jun. 2010. Disponível em:http://dx.doi.org/10.5380/geografar.v5i1.17780>. Acesso em: 28 mar. 2023.

[22] SHISHIDO, H. O. J. **Sistema de monitoramento e inserção automática de nutrientes em horta hidropônica de alface em sistemas de fluxo laminar de nutrientes (NFT)**.Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2021.

[23] SILVA, A. M. **Metodologia da pesquisa**. Fortaleza, CE: EDUECE, 2015.

[24] SOUZA, A. A. COSTA, J. F. Desafios logísticos na distribuição de hortaliças: Um estudo de caso em áreas urbanas. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios,** São Paulo.2019

[25] SOUZA. S.V. et al. Análise do crescimento de alface sob diferentes sistemas de cultivo. **Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento**, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 107-120, mar. 2021. ISSN 2675-7710. Disponível em:<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agriculturafamiliar/article/view/8282>. Acesso em: 30 ago. 2024. doi:http://dx.doi.org/10.18542/raf.v14i2.8282.

[26] VIEIRA, P**. Sistema proporciona qualidade no cultivo de alface hidropônica em Manaus, 2017**. Disponível em:<http://www.idam.am.gov.br/sistema-proporciona-qualidade-no-cultivo-de-alface-hidroponica-em-man aus/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

[27] VIEIRA,V. L. F. **Análise do posicionamento estratégico e das ações de sustentabilidade na produção hidropônica de alface: caminhos para a certificação de produção orgânica: um estudo no município de Mariana.** 2022. 63 f. Monografia (Graduação em Administração) - Instituto de Ciências Sociais Aplicada, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, 2022.

[28] XYDIS, G. A.; LIAROS, S.; BOTSIS, K. Energy demand analysis via small scale hydroponic systems in suburban areas – An integrated energy-food nexus solution. **Science of the Total Environment,** v. 593–594, [s.n], p. 610-617, 2017.

[29] ZEN. D. H. **Hidroponia No Brasil:** Inovação Tecnológica Na Produção e Mercado De Hortaliças. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Extensão Rural, Rio Grande do Sul - 2019.

Capítulo 11

Dinâmica da cobertura vegetal e regeneração florestal em áreas de proteção ambiental: estudo de caso de seis décadas

Bruna Soares Xavier de Barros
Zacarias Xavier de Barros
Ronaldo Alberto Pollo

Resumo: As matas nativas preservadas se apresentam como a melhor solução para o equilíbrio de um determinado ecossistema, pois é composto de dossel irregular com árvores dominantes e dominadas, mitigando os impactos das gotas de chuva, além de permitir uma infiltração lenta, evitando assim o escoamento superficial pela presença da serrapilheira. Desta forma, há melhora significativa nas propriedades físicas do solo e no abastecimento dos lençóis freáticos e suas vertentes. As imagens e informações obtidas por sensores remotos orbitais e não orbitais apresentam um panorama das mudanças no uso do solo e sua cobertura vegetal ao longo do tempo, possibilitando a identificação de desmatamentos, avanço da urbanização, efeitos das mudanças climáticas e outros impactos no ambiente. O presente estudo centrou-se na avaliação da cobertura vegetal nos limites da Fazenda Edgárdia situada na bacia do Rio Capivara, a qual apresenta parte de sua área na região da APA - Perímetro Botucatu, em um período de 62 anos. Constatou-se regeneração e expansão acentuada das matas durante o período analisado, em detrimento às pastagens, o que pode ser considerado benéfico para o meio ambiente quanto a conservação dos solos e retenção da água em seus perfis, principalmente nas regiões de elevadas declividades.

Keywords: sensores remotos, recuperação de várzea, cobertura vegetal, uso do solo.

1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica dos sensores remotos, instalados a bordo de satélites propiciam a geração de imagens de alta qualidade, capazes de retornar análises detalhadas da superfície do solo em escalas adequadas ao estudo da ocupação dos mais diversos biomas e das ações antrópicas ao longo dos anos em uma determinada região.

O Google Earth Pro fornece imagens temporais e espaciais atualizadas, que podem ser utilizadas nestes estudos utilizando linhas temporais, facilitando a análise de espaço e tempo de uso e ocupação do solo da Fazenda Edgárdia, motivo do presente trabalho.

O conhecimento e a utilização dos recursos naturais, humanos e econômicos de um país assume grande importância no seu desenvolvimento. O planejamento de uso do solo é um fator a ser considerado para a utilização racional de sua superfície, de maneira não somente a protegê-la contra alterações superficiais - provocadas pela ação constante dos fenômenos naturais ou antrópicos, mas também a desenvolver gradativamente sua capacidade produtiva, por meio de técnicas agrícolas sustentáveis.

A Fazenda Edgárdia, unidade de produção ensino e pesquisa, propriedade da Universidade Estadual Paulista UNESP / Campus de Botucatu, está localizada no chamado "Front da Cuesta" e outra parte na "Depressão Periférica", ambas no Município de Botucatu-SP. Segundo Veloso (1992) a principal tipologia vegetacional que representa a área da Fazenda Experimental Edgardia é classificada como Floresta Estacional Semidecidual, ocorrendo na área de transição da depressão periférica para a "Cuesta" basáltica, com remanescentes florestais pouco alterados ou que passaram por vários níveis de perturbações antrópicas. Podem também ser encontradas as tipologias Formação Pioneira Aluvial e Savana (Cerrado sensu lato) (Ortega; Engel, 1992).

Segundo Jorge e Sartori (2002), os fragmentos florestais são importantes no contexto do município de Botucatu e região em função de sua localização, uma vez que estão inseridos na Área de Proteção Ambiental (APA) de Botucatu, local de importância comprovada em comparação com a área média dos fragmentos na região da "Cuesta", além da possibilidade de ligação pela chamada frente da "Cuesta" com outros fragmentos remanescentes através de corredores de vegetação natural.

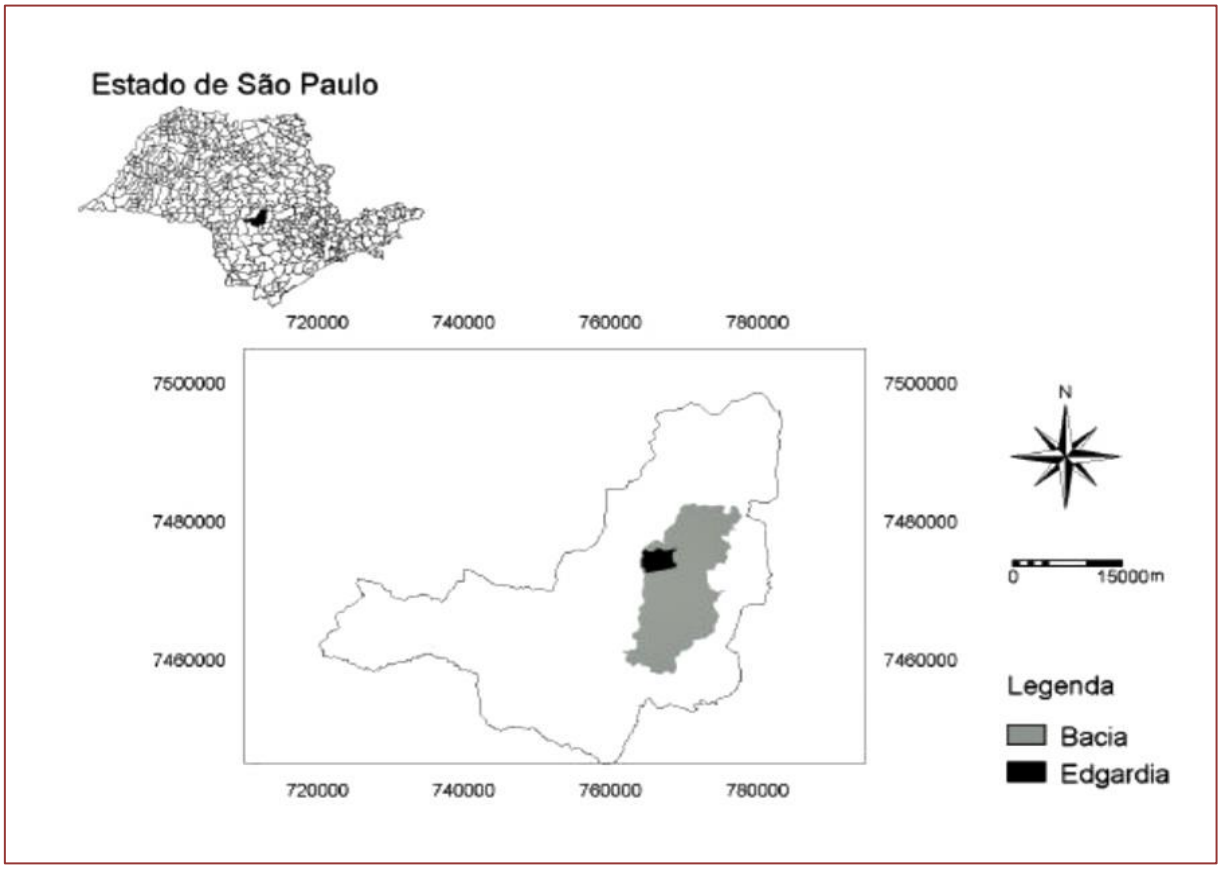
Logo, o objetivo deste estudo foi verificar se após a criação da APA (Área de Proteção Ambiental) ocorreu a recuperação da mata, principalmente nas regiões escarpadas da Cuesta no perímetro da Fazenda Edgárdia, e mapear o uso do solo utilizando imagens aéreas não orbitais do levantamento aerofogramétrico, do município de Botucatu, referente ao ano de 1962, uma vez que na década considerada não estavam disponíveis outras tecnologias para representar a cobertura do solo, e imagens aéreas obtidas pelo Google Earth Pro referente ao ano de 2024.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Fazenda Edgárdia, mostrada na Figura 1, está localizada na bacia do Rio Capivara, afluente do Rio Tietê, fazendo divisa com a Fazenda Lageado no município de Botucatu - SP, inserida nas coordenadas planas 762 km a 770 km e de 7.478 km a 7.468 km, e pelas coordenadas geográficas 22° 47' 30" a 22° 50' de latitude S, e 48° 26' 15" a 48° 22' 30" de longitude W perfazendo uma área de 1.200,03 ha.

Figura 1. Município de Botucatu - SP e localização da Fazenda Edgárdia na bacia do Rio Capivara.



Fonte: Jorge e Sartori (2002).

Parte do município de Botucatu entre outros da região estão inseridos na Área de Proteção Ambiental (APA) Corumbataí, Botucatu e Tejupá (Perímetro Botucatu), fato que leva os dirigentes destes municípios intensificarem a fiscalização do perímetro quanto ao uso e ocupação do solo destas regiões, segundo as leis ambientais impelidas pelos órgãos governamentais (Almeida, 1974).

A Fazenda Edgárdia ocupa dois compartimentos geomorfológicas quais sejam: a região denominada frente da "Cuesta", formada pela ocorrência de rocha eruptivas básica e a seus solos resultantes de alteração por intemperismo ao longo dos séculos. A região também apresenta formações de baixa altitude denominadas "Depressão Periférica", com forte presença de arenitos e sedimentos aluviais, estes trazidos ao longo do tempo pelas fortes cheias do rio Capivara, principalmente em suas áreas de várzeas (Carvalho; Panoso e Moraes,1991).

Pela carta planialtimétrica do Instituto Geográfico e Cartográfico (1977) , SF-22-Z-B-VI-NO-D, o relevo apresenta declividades em torno de 2% na área próxima à várzea do Rio Capivara, variando 2% a 20% em direção à frente da "Cuesta", de 20 a 40% na própria "Cuesta" e acima de 40% em determinadas regiões escarpadas. Segundo o atual Código Florestal (Brasil, 2012), composto pela Lei 12.651/2012, terrenos com declividade igual ou maior a 45° (100%) são considerados Área de Preservação Permanente (APP). Porém, de acordo com Andrade e Lupinacci (2021), os tipos de uso e ocupação da terra sobre a

faixa de APA apresentam atividades agropecuárias, áreas de vegetação natural e áreas de uso e ocupação de maior impacto, como estradas e a malha urbana consolidada.

Ainda conforme os autores, o uso e ocupação da terra na faixa de proteção de 250 metros, no reverso da "Cuesta", no município de Botucatu configura a atividade da pecuária representando a maior extensão de uso e ocupação desta faixa, com a classe "pastagens" correspondendo a 47,5% da área da faixa, assim como as atividades agrícolas, com expressivos 16,7% desse valor. As áreas urbanizadas, apesar de não estarem entre as coberturas de maior expressão (1,2%), totalizando 33,3 ha, trazendo riscos à população local desta área devido aos impactos causados no ambiente por este tipo de ocupação do solo.

As principais coberturas vegetais na Fazenda Edgárdia são do tipo floresta estacional semidecídua e cerradão, além de áreas em processo de regeneração, e os principais usos do solo são pastagens, culturas anuais e as áreas de várzea naturais. Segundo Jorge e Sartori (2002) os fragmentos florestais que ocorrem na área são importantes visto sua localização na Área de Proteção Ambiental (APA) de Botucatu, possibilitando a conexão com outros fragmentos remanescentes através de corredores de vegetação natural importantes para movimentação dos animais em busca de alimentação em áreas vizinhas.

Para Franco *et al.* (2023), o clima de Botucatu é caracterizado por verão quente e chuvoso e inverno frio e seco, reclassificado como Aw, devido a temperatura média do mês mais frio de 18,28°C e com precipitação anual acumulada de 1500 mm. Para o desenvolvimento do presente estudo utilizou-se como base cartográfica a carta planialtimétrica de Botucatu-SP (SF-22-R-IV-3), na escala de 1:50.000, com equidistância vertical entre curvas de nível de 20 m, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1969).

Para identificação, demarcação das áreas de interesse, ou seja, a cobertura vegetal e a elaboração do plano de estudo da Fazenda Edgárdia utilizaram-se de fotografias aéreas pancromática (IAC, 1962), com escala nominal aproximada de 1:25.000, referente ao ano 1962, e para comparar a evolução do uso e ocupação do solo na área de estudo no período de 62 anos, foram utilizadas imagens do aplicativo do Google Earth Pro referente ao ano de 2024 (Google Earth, 2024).

O perímetro da Fazenda e suas ocupações obtidas das fotografias aéreas do ano de 1962, foram restituídas, por meio do restituidor aerofotogramétrico, para a escala 1:50.000 da base cartográfica, ou seja, carta planialtimétrica do IBGE. As medições das áreas de interesse, ocupação do solo em 1962, foram avaliadas pelo sistema SPLAN - Sistema de Planimetria Digitalizada (Silva; Cataneo e Carodoso, 1993). As medições da área e suas ocupações, com várias feições vegetais, referente ano de 2024 da Fazenda Edgárdia foram obtidas por meio do Google Earth Pro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não só a imagem de satélite atualizada é importante no estudo do uso e ocupação do solo como também as imagens de levantamentos aerofotogramétricos de anos anteriores pois estas registram um momento e permite comparações da evolução da cobertura do solo ao longo de décadas.

O perímetro gerado pelas imagens do levantamento aerofotogramétrico de 1962 (Figura 2), ilustra as ocupações da Fazenda Edgárdia com suas diferentes feições do final da

década de 1950 e início da década de 1960. Estas diferentes ocupações dos solos da Fazenda Edgárdia no ano de 1962 estão ilustradas na Figura 2 e representadas na Tabela 1 em valores de hectares e porcentagem.

Figura 2. Uso e ocupação da terra na Fazenda Edgárdia em 1962.

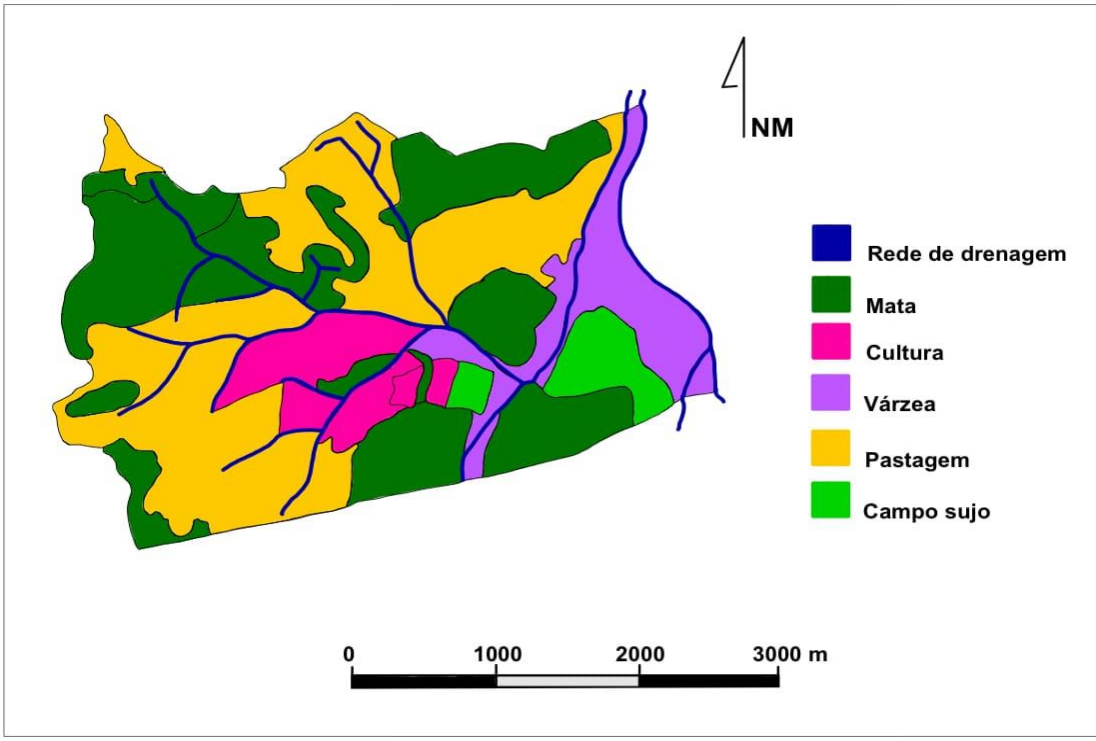


Tabela 1. Uso e ocupação da terra na Fazenda Edgárdia em 1962.

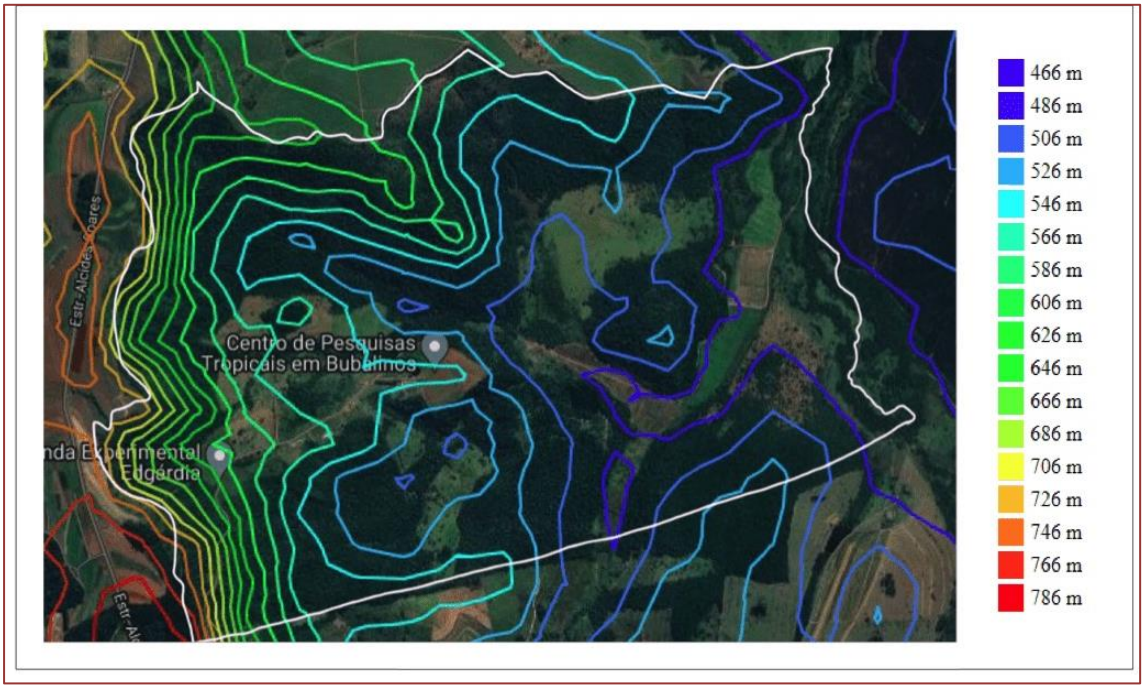
Ano 1962	Campo sujo	Culturas	Mata	Pastagem	Várzea
ha	52,33	41,25	438,35	526,59	141,58
%	4,36	3,44	36,53	43,87	11,80

A feição pastagem se destaca pela área de 526,59 ha (43,87% do total da Fazenda) mesmo em áreas de elevadas declividades (acima de 40% de inclinação) segundo carta planialtimétrica do IGC-SP, principalmente na frente da "Cuesta". A ocupação do solo pela mata representava 438,35 ha (36,53% da área total estudada) cobertura vegetal que foi cedendo espaço para o cultivo de café ao longo das décadas de sua exploração ativa, este era direcionado principalmente para exportação. Esta prática de desmatamento desenfreado era comumente adotada pelos grandes proprietários de terra visto que não havia conscientização ambiental coletiva como atualmente em que a necessidade e obrigatoriedade de se adotar práticas agrícolas racionais, como o plantio em nível, entre outras, são previstas no código penal brasileiro quanto as leis de conservação do solo e da água em propriedades rurais.

Segundo Jorge e Sartori (2002) as principais áreas que se mantiveram com Floresta Estacional Semidecidual no intervalo de 19 anos na Fazenda Edgárdia estão associadas em locais de ocorrências das classes de declividade 10 - 20%, 20 - 40% e ≥ 40% (relevo ondulado a escarpado), com Neossolos Litólicos, feições de relevo e solo característicos da frente da "Cuesta" de Botucatu.

A região da Fazenda situada na depressão periférica com declividades variando de 1% a 20% (Figuras 2 e 3) e curvas de nível equidistantes de 20/20 metros, apresenta ocupações do tipo várzea, fragmentos remanescentes de matas, culturas e pastagens.

Figura 3. Planialtimetria da Fazenda Edgárdia com equidistância de 20m.



Fonte: Edgárdia Planialtimetria (2024).

Analisando a Figura 2, constatamos que a região oeste da Fazenda concentrava em 1962 uma grande área de pastagem e alguns fragmentos de matas, sendo que estas matas estão localizadas em terras de declividade em sua maioria acima de 40% (Figura 3), atualmente estas áreas fazem parte da APA - Perímetro Botucatu.

Ainda de acordo com os dados obtidos da ocupação do solo em 1962 (Tabela 1 e Figura 2) constata-se que o elemento várzea, importante para o equilíbrio hidrológico da bacia, apresentava 141,58 ha (11,80% da área total da Fazenda), presente em relevos do tipo planícies de inundação da bacia hidrográfica, as quais estão sujeitas a constantes impactos de atividades humanas, como ocupação urbana e produção agropecuária, o que pode vir a afetar a disponibilidade e qualidade do recurso hídrico local (Stahl; Moraes, 2018).

Para o ano de 2024, as coberturas vegetais ocorrentes na Fazenda Edgárdia, são visualizadas na Figura 4 e suas correspondentes avaliações estão representadas na Tabela 2.

Figura 4. Uso e ocupação da terra na Fazenda Edgárdia em 2024.

Fonte: Edgárdia (2024).

Tabela 2. Uso e ocupação da terra na Fazenda Edgárdia em 2024.

Ano 2024	Campo sujo	Culturas	Mata	Pastagem	Várzea
ha	30,59	0,00	923,17	168,61	77,63
%	2,55	0,00	76,93	14,05	6,47

A ocupação predominante da área total da Fazenda em estudo, segundo a Tabela 2, é do tipo mata (923,17 ha, correspondendo a 76,93%), em um período de 62 anos; após a criação da APA - Perímetro Botucatu, esta cobertura apresentou um incremento de 484,82 ha (40,40% da área da Fazenda).

Em seis décadas as áreas de matas apresentaram acentuada recuperação, principalmente em regiões com declividades acentuadas e de difícil mecanização (Figura 3) muito devido a criação da APA na localidade. Para Almeida (1974), o fato de que parte do município de Botucatu entre outros da região estão inseridos na Área de Proteção Ambiental (APA) Corumbataí, Botucatu e Tejupá (Perímetro Botucatu) leva o poder público destes municípios intensificarem a fiscalização deste perímetro quanto ao uso e ocupação do solo destas regiões, devido as leis ambientais impelidas pelos órgãos governamentais.

Comparando as Tabelas 1 e 2 entre si percebe-se o aumento das áreas de mata no ano de 2024 em detrimento da feição pastagem, a qual apresentou redução visível neste mesmo período, passando de 526,59 ha em 1962 para 168,61 ha em 2024, uma redução de área equivalente 68%. Quanto as áreas de várzeas, estas foram reduzidas de 141,58 ha em 1962 para 77,63 ha em 2024. Tal redução pode ser resultante da sistematização do uso das áreas de várzeas pelo agricultura que acorreram na década de 1980, visando colheitas mecanizadas de arroz inundado na região nestas área com declividades entre 1% a 3% (Figura 3 e Figura 4).

Segundo Jorge e Sartori (2002), as áreas de Formação Pioneira Aluvial próximas às margens do Rio Capivara se mostram nítida na imagem de satélite, de 1997, em função da presença ou ausência de vegetação natural, ou ainda pela ocorrência de solo nu em locais destinados ao plantio de arroz inundado.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou constatar que em sessenta e dois anos as matas apresentaram regeneração e expansão considerável na Fazenda Edgárdia, principalmente após a implantação da Área de Proteção Ambiental no Perímetro Botucatu, em 03 de junho de 1983. A redução da área ocupada pela várzea pode ter ocorrido devido a sistematização da mesma, realizada no início da década de 1980 para favorecer a drenagem de áreas inundadas e para facilitar o cultivo mecanizado da cultura do arroz.

Além da análise da regeneração e expansão das matas e seus impactos positivos no solo e no abastecimento de água, pode-se concluir que o uso de imagens de satélite e sensores remotos se mostrou uma ferramenta eficaz para o monitoramento ambiental.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 9-75, 2018.

[2] ANDRADE, R. V.; LUPINACCI, C. M. Proposta para a cartografia de faixa de proteção do reverso das cuestas: um estudo de caso em Botucatu (SP). **Caderno Prudentino De Geografia**, Presidente Prudente, n. 43, v. 2, p. 75-96, 2021.

[3] BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 2012, n. 102, p. 1-36, 28 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 30 jun. 2024.

[4] CARVALHO, W. A.; PANOSO, L. A.; MORAES, M. H. **Levantamento semidetalhado dos solos da Fazenda Experimental Edgardia** – Município de Botucatu. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, 1991. (Boletim Científico, v. 2, n. 1/2).

[5] EDGÁRDIA Fazenda Experimental. [Área de Estudo]: Google Earth, 2024. 1 imagem de satélite, colorida, 2D. Google Câmera: 622 m, 48°25'09"W 22°49'25"S. Disponível em: https://earth.google.com/web/@-22.8238426,-48.4194407,622.86869945a,771.7519 5684d,35y,0h,0t,0r/data=CksaSRJDCiUweDk0YzcyMTA2ZDU3ZGU1NWQ6MHgxYzllYTExYTczYWUyNGZ mGTYNQFnn0jbAIUCOnDuwNUjAKghlZGdhcmRpYRgCIAE. Acesso em: 30 jun. 2024.

[6] EDGÁRDIA Planialtimetria. [Área de Estudo]: Countour Map Creator, 2013. Ferramenta para desenhar as curvas de nível. Disponível em: https://contourmapcreator.urgr8.ch. Acesso em: 30 jun. 2024.

[7] FRANCO, J. R.; PAI, E. D.; CALCA, M. V. C.; RANIERO, M. R.; PAI, A. D.; SARNIGHAUSEN, V.; ROMAN, R. M. S. Atualização da normal climatológica e classificação climática de Köppen para o município de Botucatu-SP. **Irriga**, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 77-92, 2023.

[8] GOOGLE EARTH. **Google Earth Pro**. Mountain View, CA: Google Inc., 2024. Disponível em: https://www.google.com/earth/. Acesso em: 30 jun. 2024.

[9] INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. (São Paulo). **Carta Planialtimétrica.** São Paulo: IGC, 1977. 1 mapa, 65 x 46 cm. Escala 1:10.000. Folha SF-22-Z-B-VI-NO-D.

[10] IBGE. **Botucatu**: região sudeste do Brasil. 1 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1969. 1 carta topográfica, 55 x 52 cm. Escala 1:50.000. Folha SF-22-R-IV-3.

[11] IAC. **Fotografia Aérea.** Executado por Prospec. Campinas: IAC, 1962. 1 foto. Escala 1:25.000.

[12] JORGE, L. A. B.; SARTORI, M. S. Uso do solo e análise temporal da ocorrência de vegetação natural na fazenda experimental Edgárdia, em Botucatu-SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 585-592, 2002.

[13] VELOSO, H. P. (org.). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1992.

[14] ORTEGA, V. R.; ENGEL, V. L. Conservação da biodiversidade de remanescentes de Mata Atlântica na região de Botucatu, SP. *In*: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: Revista do Instituto Florestal, 1992. v. 4, p. 839-852.

[15] SILVA, C. M.; CATANEO, A.; CARDOSO, L. G. Sistema de planimetria digitalizada. *In*: JORNADA CIENTÍFICA DA ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES, 18., 1993, Botucatu. **Anais** [...]. Botucatu: Associação dos Docentes de Botucatu, 1993. p. 109-112.

[16] STAHL, L. S.; MORAES, J. F. L. Dinâmica de uso e ocupação das áreas de várzea em duas grandes bacias hidrográficas do estado de São Paulo. **Revista Trabalho Iniciação Científica**, Campinas, n. 26, p. 1, 2018.

Capítulo 12

Reação de genótipos de trigo à infecção natural por Fusarium graminearum Schw. e Puccinia triticina Erikss. no oeste do estado do Rio Grande do Sul

Eduardo Rodrigues Molinari
Mariza Moraes Ponce
Mireli Duarte Bergmann
Tainah Espinosa dos Santos
Bruna Canabarro Pozzebon
Gilberto Rodrigues Liska
Renata Silva Canuto de Pinho
Paulo Jorge de Pinho
Leomar Hackbart da Silva
Rodrigo Trindade Pinheiro
Edgar Salis Brasil Neto
Maria Fernanda Antunes da Cruz

A Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul é composta por 13 municípios, nos quais a pecuária extensiva voltada para produção de carne e leite, e a produção do arroz são as principais atividades econômicas (Rio Grande do Sul, 2015). No entanto, as constantes oscilações do mercado e a falta de diversificação de culturas, tem enfatizado a necessidade de adoção de sistemas de produção e rotação de cultura em áreas de arroz irrigado. A soja e o milho surgem como opções para o cultivo de sequeiro na primavera-verão (Silva et al., 2020), já para o cultivo de inverno o trigo tem sido a opção em algumas propriedades.

A cultura do trigo, é acometida por doenças que afetam o seu desenvolvimento, comprometendo a produtividade e a qualidade dos grãos. A giberela, causada pelo fungo *Fusarium graminearum* Schw., é uma das principais doenças de parte aérea que afeta a cultura do trigo (Zhu et al., 2016). A ferrugem da folha, causada por *Puccinia triticina* Erikss., é uma das doenças foliares mais destrutivas do trigo em todo o mundo (Chen et al., 2013). Os objetivos deste trabalho foram: a) avaliar o progresso da severidade da giberela e da ferrugem do trigo em cultivares de trigo sob condições naturais de infecção; b) quantificar os seus respectivos dados de produtividade.

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Campus Itaqui, Rio Grande do Sul, localizado nas seguintes coordenadas: 29° 09'19.9"S e 56° 33'16.9" W. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 10 tratamentos, quatro repetições, e parcelas de 5m^2, com 5 linhas de 5 m, espaçadas por 0,2 m. A semeadura ocorreu no dia 12 de junho de 2019, e a adubação foi realizada de acordo com as recomendações de calagem e adubação do Rio Grande do Sul (SBCS, 2014). Os tratamentos foram constituídos pelas cultivares: IPR Catuara, ORS Citrino, BR 18 Terena, BRS 404, BRS Guamirim, BRS Pardela, BRS Tangará, BRS 229, MGS Brilhante, CD 1595. Durante a realização do experimento não houve aplicação de fungicidas.

As avaliações de severidade da giberela e ferrugem da folha iniciaram quando as plantas de trigo atingiram a fase de grão em massa mole, estágio 83 (Zadoks et al., 1974). Para a quantificação da severidade da giberela foram selecionadas 10 plantas, por tratamento, por repetição. As avaliações foram realizadas a cada dois dias, num total de cinco, com o auxílio da escala diagramática proposta por Stack e McMullen (1995). Para a quantificação da severidade da ferrugem da folha foram selecionadas 20 plantas, por tratamento, por repetição. As avaliações foram realizadas em folha bandeira, utilizando a escala diagramática proposta por Cobb e modificada por Barcelos (1982), a cada dois dias, num total de cinco avaliações. A partir dos dados de severidade foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) segundo Shaner e Finney (1977). Após a colheita, foram avaliados o rendimento de grãos (kg/ha), peso de mil grãos e peso hectolitro. Os dados de severidade e os parâmetros de rendimento foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey à 5% de significância utilizando o software R.

Houve diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos para AACPD da giberela e da ferrugem da folha (Tabela 1). Os maiores valores de AACPD da giberela (12832,8 a 13825,8) foram observados nos cultivares BR 18, IPR Catuara e BRS 404 que não diferiram significativamente entre si. Já os menores valores de AACPD da giberela foram observados nos cultivares BRS Tangará, CD 1595 e ORS Citrino (Tabela 1). Os cultivares MGS Brilhante a IPR Catuara apresentaram as maiores AACPD da ferrugem, não diferindo estatisticamente entre si. Neste experimento não foi verificado sintomas de ferrugem nos cultivares BRS Guamirim e CD 1595 (Tabela 1).

Houve diferença significativa ($p<0,01$) entre os tratamentos para os dados de produtividade (Tabela 2). A produtividade variou de 1.470,24 kg/ha a 2.263,16 kg/ha. As cultivares ORS Critrino, BRS 229, CD 1595, BRS Pardela e BRS Tangará foram as mais produtivas e não diferiram significativamente entre si. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para o peso de mil grãos (PMG) que variou de 23,35g a 25,01g (Tabela 2). O PH variou entre 55,68 a 77,4 kg/hL. As cultivares IPR Catuara, BRS Guamirim, BRS 404, CD 1595, BR 18 Terena, BRS Pardela e CD 1595 apresentaram PH maior que 72 kg/hL.

No presente experimento sem a aplicação de fungicidas a cultivar CD1595 destacou-se entre os demais quanto à resistência à giberela e ferrugem da folha, produtividade e PH. E pode ser considerada uma cultivar com características promissora para a região. Além desta, merecem destaque em relação à resistência às doenças e produtividade as cultivares Pardela e Tangará. A cultivar Pardela é de ampla adaptação, e apresenta qualidade industrial que a classifica como trigo melhorador. Tem ciclo médio, altura média, e é considerada moderadamente resistente à ferrugem da folha (Bassoi e Foloni, 2015a), como evidenciado no experimento. A cultivar Tangará caracteriza-se por ser de ciclo médio, altura média, e resistente às principais doenças que causam prejuízos à triticultura. É indicada como resistente à ferrugem da folha, como observado neste experimento, e diferente da indicação dos obtentores de moderadamente suscetível à giberela (Bassoi e Foloni, 2015b), no presente experimento o cultivar foi considerado moderadamente resistente.

Os dados de produtividade dos cultivares ORS Citrino (2263 kg/ha) e BRS 229 (2228 kg/ha) no presente trabalho ficaram próximos da média do esperado para a região Sul (2480 kg/ha) segundo dados da safra de 2019 (Conab, 2021). Esses resultados são significativos e corroboram com a possibilidade de implementação da cultura do trigo na região, uma vez que, o presente experimento foi conduzido sem a aplicação de fungicidas e contou com intensa precipitação pluvial que atrasou a colheita e interferiu no PH dos grãos.

Em conclusão, a Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul apresenta potencial para a produção de trigo desde que, o manejo da cultura seja realizado de forma adequada e as condições climáticas para a cultura sejam favoráveis.

REFERÊNCIAS

[1] BASSOI, M. C.; FOLONI, J.S.S. Cultivar de trigo BRS Pardela: características e desempenho agronômico. Embrapa Soja. **Comunicado técnico 83**, 6.p. 2015a.

[2] BASSOI, M. C.; FOLONI, J.S.S. Cultivar de trigo BRS Tangará: características e desempenho agronômico. Embrapa Soja. **Comunicado técnico 85**, 6.p. 2015b.

[3] CHEN, W.; LIU, T.; GAO, L. Supressão das resistências à ferrugem da folha e à ferrugem em cruzamentos interespecíficos de trigo. **Euphytica.** p. 339-346, 2013.

[4] CONAB. **Série Histórica-trigo**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30. Acesso: jun.2021.

[5] RIO GRANDE DO SUL. Departamento de planejamento governamental. **Perfil Socioeconômico Corede Fronteira Oeste.** 48p. 2015.

[6] SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology,** v.70, p.1183-1186, 1977.

[7] SILVA, P.R.F.; MARCHESAN, E.; ANGHINONI, I. Milho no contexto da lavoura arrozeira:

potencialidades, desafios e avanços. Irga. **Circ.Técnica 006**. 12p.2020.

[8] SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio grande do Sul e Santa Catarina**. Viçosa: SBCS, 2016, 376p.

[9] STACK, R.W.; MCMULLEN, M. **A visual scale to estimate severity of Fusarium head blight in wheat.** Extension Publication. North Dakota State University Extension Service. 1995.

[10] ZADOCKS, J.C.; GHANG, T.T.; KONZAK, C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, Oxford, v. 14, n.6, p. 415-421, 1974.

[11] ZHU, Z.; BONNETT, D.; ELLIS, M.; HE, X.; HESLOT, N.; DREISIGACKER, S.; SINGH,P. Characterization of Fusarium head blight resistance in a CIMMYT synthetic- derived bread wheat line. **Euphytica**. v. 208, n. 2, p. 367-375, 2016.

APENDICE

Tabela 1. Área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD) da Giberela (*Fusarium graninearum* Schw) e Ferrugem da Folha (*Puccinia triticina* Erikss). Unipampa-Itaqui, RS, 2019.

Giberela		Ferrugem da folha	
Tratamentos	AACPD	Tratamentos	AACPD
BR 18 Terena	13825,8 a	MGS Brilhante	12537,6 a
IPR Catuara	13807,2 a	IPR Catuara	12471,3 a
BRS 404	12832,8 a	BRS 404	11087,4 b
MGS Brilhante	10099,2 b	BR 18 Terena	1147,5 c
BRS 229	6732 c	ORS Citrino	970,5 c
BRS Guamirim	4112,4 d	BRS 229	828 c
BRS Pardela	4072,2 d	BRS Pardela	610,5 c
BRS Tangará	2323,8 e	BRS Tangará	411 d
CD 1595	1330,8 e	BRS Guamirim	0 d
ORS Citrino	300 e	CD 1595	0 d
CV (%)	19,67%	CV (%)	11,98%

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Valores da Avaliação da Produtividade em kg/ha, peso mil grãos (PMG), e peso hectolitro (PH) nas cultivares de trigo. Unipampa-Itaqui, RS, 2019.

Tratamentos	Produtividade kg/ha	PMG (g)	PH (kg/hL)
ORS Citrino	2263,16 a	24,95^{ns}	71,86
BRS 229	2228,38 a	23,35	71,85
CD 1595	2117,95 a	23,44	75,16
BRS Pardela	2082,27 a	24,3	74,1
BRS Tangará	2021,30 a	23,98	70,45
BRS 404	1897,97 b	25,01	76,13
BR 18 - Terena	1750,93 b	23,72	75
MGS Brilhante	1640,01 b	24,42	55,68
BRS Guamirim	1482,08 b	24,18	76,16
IPR Catuara	1470,24 b	24,95	77,4
CV (%)	31,63%	4,46%	

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. ns= não houve diferença significativa entre os tratamentos

Capítulo 13

Isoterma de adsorção de langmuir e o efeito de características do solo sobre PREM, CMAP e k

José Gabriel Freitas de Lima
Washington Luiz Cotrim Duete
Rozilda Vieira Oliveira
Júlio César Azevedo Nóbrega

Resumo: No estudo da adsorção de fósforo (P) no solo, os resultados experimentais devem ser ajustados a modelos matemáticos, como o de Langmuir. Além do tipo de ajuste utilizado, as variáveis CMAP e k da isoterma de Langmuir podem variar de acordo com características do solo, como o fator capacidade de fósforo (FCP), a classe de solo, mineralogia, espécies catiônicas (Ca2+ e Al3+), teor de argila, matéria orgânica e capacidade de troca catiônica. Portanto, compreender a isoterma de Langmuir e a influência do solo e do ajuste do modelo nos dados experimentais é essencial para a correta compreensão dos resultados. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo realizar uma discussão de resultados da literatura sobre métodos de ajuste da equação de Langmuir e os efeitos de características do solo sobre Prem e as variáveis CMAP e k desta isoterma. A interpretação e discussão dos resultados da literatura permitiram concluir que a composição mineral da fração argila pode ser mais importante que o teor da mesma na sorção de P. A maioria dos estudos indica a existência de correlação positiva e significativa entre argila-CMAP, CMAP-k, formas de Fe e Al-CMAP, enquanto correlações negativamente significativas foram observadas entre argila-Prem, k-Prem, formas de Fe e Al-Prem, CMAP-Prem e capacidade tampão-Prem. Ademais, o tipo de ajuste da isoterma deve basear-se na comparação da aderência do modelo aos dados experimentais, sendo a extrapolação de resultados de análises feitas em outras condições não recomendada.

Palavras-chave: fósforo, modelos matemáticos, variáveis, solo, ajuste.

1. INTRODUÇÃO

A quantificação do fósforo (P) no solo é um procedimento necessário devido a essencialidade deste para o desenvolvimento vegetal e a complexa dinâmica do mesmo no sistema solo-solução. De acordo com o procedimento experimental empregado, pode-se determinar: o fósforo no extrato sulfúrico, método que quantifica o teor total de P no solo, incluindo tanto as formas minerais quanto orgânicas; o fósforo disponível, teor do P total que pode ser absorvido pela planta; ou o fósforo remanescente (P_{rem}), fração de fósforo adicionada que permanece dissolvida em solução após um determinado período em contato com o solo (Wadt; Silva, 2011; Teixeira *et al*., 2017).

Nos estudos de capacidade sortiva dos solos, o P_{rem} pode ser utilizado, devido a correlação que apresenta com o fator capacidade de fósforo (FCP), o que, associado ao efeito deste sobre a disponibilidade de fósforo, possibilita o uso de classes de P_{rem} para interpretação da disponibilidade de P (Wadt; Silva, 2011). Após a obtenção dos resultados experimentais é preciso que estes sejam ajustados a modelos matemáticos que permitam a realização de simulações de acordo com as mais variadas condições. Dentre estes, destaca-se o modelo de Langmuir, desenvolvido por Irving Langmuir em 1916, e que é empregado para analisar e quantificar o processo adsortivo, por meio da descrição da adsorção de um soluto (adsorvato) em uma superfície sólida (adsorvente) (Langmuir, 1916).

Além do tipo de ajuste da isoterma, as característica do solo também exercem influência na estimativa da adsorção de fósforo no solo, uma vez que as variáveis da equação de Langmuir, capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) e a constante k relacionada a energia de adsorção soluto-superfície adsorvente, podem variar de acordo com o fator capacidade de fósforo (FCP), classe do solo, espécies catiônica (Ca^{2+} e Al^{3+}), teor de argila, matéria orgânica (MO) e capacidade de troca catiônica (CTC) (Novais; Smyth; Nunes, 2007).

Compreender a isoterma de Langmuir e a influência do solo e do ajuste do modelo nos dados experimentais é essencial para a correta compreensão dos resultados de adsorção de fósforo. Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo realizar uma discussão de resultados da literatura sobre métodos de ajuste da isoterma e os efeitos de características do solo sobre P_{rem} e as variáveis CMAP e k da equação de Langmuir.

2. MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA SORÇÃO DE FÓSFORO

A determinação da capacidade de sorção de um solo é normalmente realizada por dois métodos laboratoriais, o do equilíbrio ou o da coluna de fluxo. Apesar de estudos comparativos demonstrarem a similaridade entre os resultados obtidos com os dois métodos, eles não podem ser diretamente comparáveis, já que apresentam sistemas distintos, sendo o método do equilíbrio fechado e o da coluna, aberto (Soares; Casagrande, 2009).

O primeiro se baseia na quantificação da diferença entre a concentração do soluto de interesse na solução inicial e após um período de contato desta com o solo (Pignatello, 2000). O fluxo em coluna, por outro lado, analisa, através de uma curva de eluição ou "breakthrough curve" (BTC), a percolação do soluto em uma coluna preenchida com solo (Baskaran *et al.*, 1996).

2.1. ISOTERMA DE ADSORÇÃO

Os resultados experimentais obtidos através dos métodos supracitados devem ser ajustados por modelos matemáticos que permitam estimar, por exemplo, a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) e a energia de ligação do P ao solo (Lima, 2012), parâmetros que podem ser relacionados às propriedades físicas e químicas do solo, possibilitando a obtenção de informações sobre o comportamento do elemento em determinado solo e a realização de simulações de acordo com as mais variadas condições (Olsen; Watanabe, 1957; Novais; Smyth, 1999).

As equações matemáticas empregadas para descrever quantitativamente a adsorção de solutos por uma superfície sólida em função da concentração remanescente na solução de equilíbrio, sob condições de temperatura e pressão constantes, são denominadas isotermas de adsorção (Bohn; McNeal; O'Connor, 1985; McBride, 1994; Novais; Smyth, 1999; Dias *et al.*, 2001).

A obtenção dos dados de adsorção de fósforo consiste basicamente na adição de quantidades crescentes e conhecidas da espécie de interesse em um sistema ou na variação do período de exposição da solução com fósforo ao solo (Barrow, 2008). Aceita-se que a diferença entre a quantidade adicionada e a remanescente na solução corresponde ao quantitativo do elemento adsorvido (Bohn; McNeal; O'Connor, 1979; Souza *et al.*, 2006).

A isoterma de adsorção mais utilizada é a de Langmuir, pois permite estimar a CMAP do solo (parâmetro quantitativo) e a constante k, valor relacionado à energia de adsorção (ligação) do elemento ao solo (parâmetro qualitativo) (Soares; Casagrande; Alleoni, 2006). Foi inicialmente empregada para descrever a adsorção de gases por sólidos e é expressa por meio de uma função hiperbólica descrita pela equação:

Figura 1: Equação que descreve a Isoterma de Langmuir.

$$Q = k \times CMAP \times C / (1 + k \times C)$$

Fonte: Adaptada de Souza *et al*. (2006) e Farias *et al.* (2009).

Onde:

Q = Massa de soluto (P) adsorvido por unidade de massa do adsorvente (mg g^{-1});

k = Constante relacionada a energia de adsorção (L mg^{-1}) soluto-superfície adsorvente;

CMAP (b) = Quantidade máxima de soluto que pode ser adsorvida, como resultado da formação de uma camada monomolecular completa (mg g^{-1});

C = Concentração do soluto (P) na solução de equilíbrio (mg L^{-1}).

A isoterma de Langmuir se baseia em três pressupostos: I) homogeneidade da superfície adsorvente, o que resulta em energia de adsorção constante; II) adsorção ocorre em sítios específicos de forma vetorial, não correndo interações laterais no plano da superfície com as moléculas do soluto; III) adsorção máxima quando uma camada monomolecular cobre totalmente a superfície do coloide (adsorvente) (Oliveira *et al.*, 2014).

3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA LITERATURA

3.1 MÉTODOS DE AJUSTE DA ISOTERMA

O ajuste do modelo de Langmuir pode ser realizado por meio de variadas técnicas estatísticas. O método não linear de região única, apesar de amplamente empregado, pressupõe uma energia de ligação constante, não considerando as três diferentes fases de adsorção do P. Por outro lado, a linearização dos dados promove a perda da independência entre as variáveis, reduzindo artificialmente o erro e melhorando o ajuste do modelo aos resultados experimentais obtidos (Harter, 1984; Bolster; Hornberge, 2007; Barrow, 2008).

O emprego de modelos com múltiplas regiões promove a obtenção de um valor de k e outro de CMAP para cada etapa de adsorção expressa. Seu uso, além de representar de maneira mais fidedigna o processo sortivo, promove melhor ajuste da equação aos dados (Hussain; Ghafoor; Murtaza, 2006).

Para avaliar a precisão da CMAP e k estimadas por diferentes métodos de ajuste do modelo de Langmuir, Oliveira *et al.* (2014) empregou amostras coletadas do horizonte subsuperficial Bw (140/220cm) misturadas com diferentes proporções de areia, obtendo unidades experimentais com 0, 200, 400, 600 e 800g kg^{-1} de argila. Segundo os autores propuseram, a manutenção da composição mineralógica, devido ao emprego de um único tipo de solo, permitiria melhor avaliação dos efeitos dos ajustes sobre as variáveis analisadas.

Nesse estudo foram constatados que, independente do ajuste empregado, não linear com região única (NLin), linearização com região única (L-1R), linearização com duas regiões e ajuste gráfico (L-2RG), linearização com três regiões e ajuste gráfico (L-3RG) e linearização com duas regiões e ajuste estatístico (L-2RE), houve proporcionalidade direta entre as CMAP estimadas e os teores de argila das amostras, visto que um aumento da atividade do solo elevou a capacidade deste em adsorver P. Tal comportamento também foi observado por Ranno *et al.* (2007) e Corrêa, Nascimento e Rocha (2011).

Apesar da relação proporcional CMAP-teor de argila ter se mantido entre os métodos, os valores de CMAP para última região em modelos com multirregiões foram maiores quando comparados ao de única região (2371,7mg kg^{-1} na única região em L-1RG e 3812mg kg^{-1} na segunda região em L-2RG nas amostras contendo 800g kg^{-1} de argila). Esse comportamento deveu-se a propriedade cumulativa da CMAP nos modelos de multirregiões, fazendo com que a CMAP de uma região resulte da soma entre a CMAP desta região e da anterior (Oliveira *et al.*, 2014).

Ao se comparar, para mesma região, valores de CMAP entre amostras com mesmo teor de argila é possível verificar que ajustes com menor número de regiões apresentam maior CMAP. Para um teor de 600g kg^{-1} de argila, a CMAP na região 2 no modelo L-2RG foi de 2467,9mg kg^{-1} e de 1544,2mg kg^{-1} em L-3RG. Enquanto, o valor da região 2 em L-2RG representa a máxima adsorção estimada por esta técnica, em L-3RG o valor da CMAP é inferior, pois ainda há adsorção em mais uma região.

Assim como para CMAP, Oliveira *et al.* (2014) determinaram uma constante k para cada região de adsorção analisada. Contudo, diferentemente do primeiro parâmetro, a constante de energia de ligação (k) decresceu da região 1 a 3, devido, possivelmente, ao

aumento da saturação dos sítios mais ávidos por P com a elevação da dose de P adicionada.

Pelo fato do método não linear apresentar restrições matemáticas que exigem a passagem pela origem e o alcance de um valor de máxima adsorção, os autores relataram que o traçado da equação não evidenciou bom ajuste com relação aos pontos obtidos. Além disso, como forma de promover melhor aderência do modelo aos dados, o ajuste NLin alterou a relação direta e proporcional entre a constante de energia de ligação (k), que expressa a afinidade pelo fósforo, e o teor de argila. O processo de linearização, por outro lado, só manteve a alta correlação k-argila no ajuste L-1R e na região 1 em L-2RG e L-3RG, indicativo de que na primeira fase ocorrem as principais reações adsortivas e que nas demais, os valores de k pouco variam com o teor de argila.

Baseado na discussão relatada a partir dos resultados encontrados por Oliveira *et al.* (2014) é possível inferir que, apesar da redução da variabilidade e do aumento artificial dos coeficientes de determinação, os modelos linearizados se mostraram os mais adequados para ajuste das isotermas de Langmuir. A definição do número de regiões usadas no ajuste linearizado depende do coeficiente de correlação ou determinação das equações de cada região. O aumento das regiões do modelo faz-se necessário quando ocorre incremento nesses coeficientes.

A CMAP da última região pode ser escolhida para retratar o poder sortivo do solo, embora essa possa não ser a escolha mais adequada, dado que, ao considerar a máxima adsorção após todas as etapas, inclui-se a sorção resultante da precipitação e de reações em longo prazo. Sendo assim, os autores propõem que seja considerado o k da primeira região e a CMAP da segunda em ajuste com três regiões, como também proposto por Alvarez e Fonseca (1990). Para uma ou duas regiões, os valores de CMAP e k devem ser retirados da primeira região.

Farias *et al.* (2009), entretanto, avaliando os parâmetros das isotermas de adsorção de P empregando diferentes técnicas de ajuste, obtiveram melhor aderência aos dados com aplicação de regressão não-linear. Apesar de relatarem similaridade entre as CMAP obtidas por linearização em região única e por linearização considerando a segunda região de adsorção, esta última subestimou a CMAP em 33 % nos solos mais intemperizados quando comparada com o ajuste não linear.

Diante disso é possível verificar que a sorção de fósforo varia não apenas com os atributos do solo, como também com o ajuste do modelo matemático utilizado. Apesar das recomendações para escolha do método de ajuste explicitadas por Oliveira *et al.* (2014), as mesmas não devem ser seguidas sem prévia comparação entre as técnicas com os dados obtidos em cada experimento.

3.2 EFEITO DE CARACTERÍSTICAS DO SOLO SOBRE P_{REM}, CMAP E K

3.2.1 FATOR CAPACIDADE DE FÓSFORO (FCP)

O poder tampão de P é uma propriedade dos solos que indica a resistência dos mesmos a variações na concentração deste elemento em solução. Além de variar temporal e espacialmente, é influenciado por atributos do solo, como o teor de argila, MO e P_{rem} (Reis *et al.*, 2020).

O efeito tampão pode ser expresso por meio do fator capacidade (FCP) ou da capacidade tampão de fósforo (CTP). Apesar da CTP geralmente ser empregada como sinônimo do

FCP (Novais; Smyth; Nunes, 2007), indicando a razão entre o fator quantidade (Q) e o fator intensidade (I), ela também pode ser utilizada para expressar o teor de P_2O_5 em kg ha^{-1} necessário para elevação da extração de P em 1mg kg^{-1} (Sousa *et al.*, 2010). Rogeri *et al.* (2016), avaliando 20 das principais classes de solos do Rio Grande do Sul, encontraram valores de CTP que variaram entre 8,3 e 71,4kg ha^{-1} com extrator Mehlich-1 e entre 7,4 e 90,9kg ha^{-1} com Mehlich-3.

Um maior valor de CTP indica maior adsorção de P à fase sólida do solo e maior resistência a mudanças na concentração de P na fase líquida, o que reduz o teor de P em solução e a capacidade de remoção de P pelo extrator. Consoante, Reis *et al.* (2020), avaliando 12 amostras de solo, pertencentes as classes Latossolo, Argissolo e Cambissolo, relataram que a amostra LVd1, Latossolo Vermelho distrófico, foi o solo mais tamponado, obtendo menor P_{rem} (4,3mg L^{-1}). Os autores também constataram que, usando os extratores Mehlich-1 e Mehlich-3, a taxa de recuperação do P aplicado é menor em solos com maior capacidade tampão.

Rogeri *et al.* (2016) relataram que o Cambissolo Húmico alumínico (CHa) de São Francisco de Paula apresentou maior CMAP (1926,8mg kg^{-1}), maior CTP (90,9kg ha^{-1}, Mehlich-3) e menor P_{rem} (0,5mg L^{-1}). A existência da relação entre os parâmetros acima descritos foi corroborada com a significância da correlação CTP-P_{rem} em ambos os extratores (r = -0,65**, Mehlich-1 e r = -0,66**, Mehlich-3).

Pelo fato do poder tampão ser influenciado por atributos que podem variar em menor escala temporal, como o teor de MO, pH e CTC, é possível, por meio da adoção de práticas agrícolas (calagem, fosfatagem, adubação verde, rotação e consórcio de culturas), alterar o fator capacidade e a capacidade tampão de P do solo de modo a elevar a disponibilidade deste nutriente em solução para as culturas. Ademais, o conhecimento da CTP auxilia na determinação da quantidade necessária de fertilizante para atingir o nível crítico de P no solo, valor acima do qual, adubando-se, não existe resposta positiva a aplicação do fertilizante (Schlindwein; Gianello, 2008; Sousa *et al.*, 2010; Schlindwein *et al.*, 2013).

3.2.2 CLASSE DO SOLO

Farias *et al.* (2009), avaliando a adsorção de P em 12 solos da Paraíba, obtiveram, para a ordem dos Argissolos, valores de CMAP, por ajuste não-linear de Langmuir, que variaram de 0,1448mg g^{-1} (Argissolo Acinzentado, PAC) a 0,3473mg g^{-1} (Argissolo Vermelho distrófico, PVd). A elevada oscilação (139,85 %) dentro de uma mesma ordem de solo também pode ser observada em outros níveis categóricos. Em Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), obtiveram 0,2880mg g^{-1}, valor 162,08 % superior ao 0,10989mg g^{-1} encontrado por ajuste da isoterma de Langmuir por Moreira *et al.* (2006) em PVA coletado no estado do Ceará. Tais observações corroboram com as discussões sobre a complexidade do processo adsortivo de P e a importância da sua avaliação em cada solo de interesse, já que extrapolações realizadas a partir de análises em outras condições podem levar a erros significativos.

Outrossim, suposições baseadas em condições teóricas também podem causar erros, como no caso do efeito da textura sobre a CMAP. Apesar dos solos mais intemperizados tenderem a apresentar maior teor de argila e minerais com maior capacidade de adsorção de íons carregados negativamente, como o ânion $H_2PO_4^-$, especialmente oxihidróxidos de Fe e de Al, outros atributos do solo podem contribuir com a adsorção de P, superando até mesmo o efeito da textura.

A classe dos Latossolos, apesar de reconhecida pela maior capacidade de adsorção de P (Moreira *et al.*, 2006), apresentou CMAP de 0,1768mg g^{-1} em Latossolo Amarelo (LA) por ajuste não-linear de Langmuir (Farias *et al.*, 2009), valor inferior ao encontrado por esses autores em solos também intemperizados, como o Argissolo Vermelho-Amarelo, PVA (0,2880mg g^{-1}), Argissolo Vermelho eutrófico, PVe (0,2972mg g^{-1}), e Argissolo Vermelho distrófico, PVd (0,3473mg g^{-1}). Quando comparado ao Vertissolo Háplico (VX), a diferença foi ainda mais significativa (0,1768mg g^{-1} contra 0,4353mg g^{-1}), apesar deste último pertencer a uma classe pedologicamente ainda menos desenvolvida.

3.2.3 ESPÉCIES CATIÔNICAS (CA^{2+} E AL^{3+})

Uma possível explicação para a maior adsorção de P obtida no Vertissolo pode estar associada, segundo Farias *et al.* (2009), ao elevado teor de Ca^{2+} (291,0mmol$_c$dm^{-3}), significativamente superior aos encontrados em LA (16,0mmol$_c$dm^{-3}), PVA (11,0mmol$_c$dm^{-3}), PVe (54,0mmol$_c$dm^{-3}) e PVd (19,0mmol$_c$dm^{-3}). Essa condição pode ter favorecido a precipitação dos íons de P na forma de fosfatos de cálcio ($CaHPO_4$, $Ca(H_2PO_4)_2$ e $Ca_3(PO_4)_2$). Pelo fato dos modelos matemáticos não diferenciarem os mecanismos de retenção de P (adsorção e precipitação) pelo solo (Sposito, 1984), é provável que tenha ocorrido uma superestimação da CMAP no Vertissolo.

Além do Ca^{2+}, o Al^{3+} é outra espécie catiônica com capacidade de precipitar fosfato. O efeito significativo ou não desses íons sobre a disponibilidade de P depende, principalmente, de sua concentração no solo. Valores elevados de Al^{3+} tendem a aumentar a quantidade de P fixada, reduzindo a disponibilidade deste em solução. Enquanto Rogeri *et al.* (2016) relataram correlação Al^{3+}-P_{rem} negativa e significativa ($r = -0,61^{**}$, $p<0,01$), Moreira *et al.* (2006) não obtiveram significância ($p>0,10$) na correlação positiva (direta) CMAP-Al^{3+}.

3.2.4 TEOR DE ARGILA

Rogeri *et al.* (2016), nas análises de solos do Rio Grande do Sul, encontraram teores de argila que variaram entre 90 (Argissolo Vermelho distrófico, PVd) e 690g kg^{-1} (Latossolo Vermelho ditroférrico, LVdf), com média de 359g kg^{-1}. O P_{rem} obteve média de 17,6mg L^{-1}, oscilando entre 0,5 (Cambissolo Húmico alumínico, CHa, de São Francisco de Paula) e 47,5mgL^{-1} (PVd), enquanto a CMAP teve mínimo de 63,5 (Planossolo Háplico eutrófico, SXe), máximo de 1926,8mg kg^{-1} (CHa de São Francisco de Paula) e média de 472,8mgkg^{-1}.

O menor teor de argila (90g kg^{-1}) e o maior de P_{rem} (47,5mg L^{-1}) obtidos no PVd corroboram com a tendência de associação negativa entre essas variáveis (Alcântara; Furtini Neto; Resende, 2008; Broggi *et al.*, 2010), já que o P_{rem} é uma medida do teor de P que permanece em solução (Novais; Smyth; Nunes, 2007) e essa quantidade não adsorvida tende a ser maior quanto menor for o teor de argila, fração de maior capacidade adsortiva do solo. Entretanto, apesar de possuir o quinto menor teor de argila (190gkg^{-1}), o CHa obteve a maior quantidade de P adsorvida (1926,8mg kg^{-1} de CMAP) e o menor teor de P_{rem} (0,5mg L^{-1}) no referido estudo, indicando a contribuição de outros atributos do solo para o processo adsortivo.

3.2.4.1 CORRELAÇÕES ENTRE CMAP, K, P_{REM} E ARGILA

As contribuições do teor de argila sobre a CMAP e o P_{rem} podem variar de acordo com a ação de outras características do solo. Entretanto, para que seja possível avaliar o efeito de um atributo sobre um parâmetro é preciso que eles sejam correlacionados sem considerar a participação de outras variáveis.

Partindo desse pressuposto, muitos estudos relatam correlação significativa e positiva entre teor de argila e CMAP dos solos (Lima, 2001; Farias *et al.*, 2009; Pinto, 2012; Oliveira *et al.*, 2014). Todavia, Rogeri *et al.* (2016) obtiveram correlação argila-CMAP não significativa ($r = 0,26^{ns}$, $p>0,05$), devido, possivelmente, ao emprego de um grande número de solos mineralogicamente distintos. Ressalta-se que, em Farias *et al.* (2009), a boa correlação foi obtida quando considerados todos os solos (r = 0,86**). Na avaliação estatística separada entre as classes de solos mais e menos intemperizados, não houve correlação argila-CMAP no primeiro grupo ($r = 0,64^{ns}$, $p>0,05$), mas sim no segundo (r = 0,97**), indicando que não apenas a quantidade de argila como também a composição mineralógica da mesma exercem influência na capacidade adsortiva (Rogeri *et al.*, 2016).

A diferença entre os grupos de solos mais e menos intemperizados também foi observada pelos autores na relação entre CMAP-k ($r = 0,42^{ns}$ e r = 0,77*, respectivamente) e na argila-P_{rem} ($r = -0,63^{ns}$ e r = -0,94**). Rogeri *et al.* (2016) obtiveram r = -0,71** para correlação argila-P_{rem} e r = -0,54* ($p<0,05$) para k-P_{rem}, o que ratifica o fato de uma maior concentração de P na solução de equilíbrio resultar de uma menor sorção de P pela argila e de uma menor energia de ligação entre os sítios adsortivos e os ânions fosfato.

A não significância nas correlações argila-CMAP, CMAP-k e argila-P_{rem} relatadas por Farias *et al.* (2009) em solos mais intemperizados podem indicar que a qualidade mineralógica da argila é mais importante que o teor desta fração, conforme descrito nos trabalhos de Agbenin (2003), Rolim Neto *et al.* (2004) e Moreira *et al.* (2006). Sendo assim, uma maior quantidade de argila não necessariamente resultará em maior capacidade adsortiva de P do solo.

Farias *et al.* (2009) obtiveram correlação CMAP-P_{rem} significativa para todos os grupos avaliados (r = -0,96**). Vilar *et al.* (2010), avaliando 20 amostras da fração argila isolada do horizonte B de solos do estado do Paraná, também relataram significância negativa na correlação CMAP-P_{rem} (r = -0,86**), assim como Rogeri *et al.* (2016), r = -0,74**. Adicionalmente, a relação inversa entre a capacidade sortiva de P e a concentração do elemento em solução foi quantificada por Vilar *et al.* (2010). Para suas amostras, o aumento de 54,11mg kg^{-1} na CMAP promoveu redução de 1mg L^{-1} no P_{rem}.

Ao correlacionar CMAP com diversos atributos do solo, Moreira *et al.* (2006) obtiveram correlação significativa e positiva para os atributos matéria orgânica, MO (r = 0,9401, $p<0,10$), capacidade de troca de cátions, CTC (r = 0,9122), óxidos de ferro amorfos, Fe_o (r = 0,8400), óxidos de ferro livres, Fe_d (r = 0,8365) e ferro total, Fe_2O_3 (r = 0,8053). As análises foram realizadas a partir da obtenção das CMAP por Langmuir de quatro classes de solo, duas pedologicamente mais desenvolvidas (Argissolo Vermelho-Amarelo, PVA e Latossolo Vermelho-Amarelo, LVA) e duas menos (Cambissolo Háplico, CX e Neossolo Quartzarênico, RQ).

3.2.5 MATÉRIA ORGÂNICA (MO)

A correlação positiva entre matéria orgânica e CMAP pode estar associada à formação, por meio dos ácidos orgânicos, de pontes de cátions (Al^{3+}, Fe^{2+} e Ca^{2+}) entre o composto orgânico e os íons fosfato. Além de aumentar os sítios adsortivos (Sanyal; De Datta, 1991;

Guppy *et al.*, 2005), o compartilhamento das valências dos cátions com os ânions reduz a concentração de P em solução, o que eleva a CMAP. Esse fenômeno também pode explicar a correlação negativa e significativa entre MO-P_{rem} (r = -0,57**) descrita por Rogeri *et al.* (2016).

Camargo *et al.* (2012), no entanto, relataram correlação positiva entre o teor de P disponível e a matéria orgânica em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. O aumento do conteúdo de MO reduziu a quantidade de P adsorvido, mantendo uma maior fração dos íons fosfato em solução. Esse comportamento pode resultar da competição entre ânions orgânicos e íons fosfato pelos sítios de adsorção nas superfícies das argilas silicatadas e não-silicatadas (Heredia; Cirelli, 2007; Cui *et al.*, 2011).

Ademais, os prótons (H^+ ou H_3O^+) liberados na dissociação dos ácidos orgânicos são capazes de dissolver a estrutura cristalina ou pobremente cristalizada dos minerais, reduzindo a área superficial e os sítios adsortivos dos mesmos (Oburger; Jones; Wenzel, 2011). Além disso, os íons orgânicos dissociados podem formar complexos organometálicos estáveis em uma ampla faixa de pH (4,0-7,0), diminuindo a concentração de cátions metálicos (Fe e Al) em solução e, consequentemente, a precipitação dos ânions fosfato (Sposito, 1989; Oburger; Jones; Wenzel, 2011).

3.2.6 CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC)

A CTC do solo é um parâmetro que normalmente correlaciona-se negativamente com a CMAP, já que o aumento de constituintes minerais e orgânicos carregados negativamente eleva a capacidade de troca de cátions do solo e tende a reduzir seu poder adsortivo de ânions (fosfato), devido à repulsão existente entre cargas semelhantes. Entretanto, Moreira *et al.* (2006) supõem que a correlação positiva CMAP-CTC obtida pode ser explicada pelo compartilhamento das valências de cátions (Fe e Al) entre os sítios de adsorção do solo e os íons fosfato. Dessa forma, um balanço de carga negativo nos coloides levaria a atração de íons carregados positivamente, mas não a neutralização completa das cargas positivas, permitindo a retenção (adsorção) de ânions fosfato.

4. CONCLUSÕES

A interpretação e discussão dos resultados da literatura permitem concluir que:

I. A escolha da técnica para ajuste da isoterma de Langmuir deve ser baseada na comparação entre as aderências dos modelos aos dados obtidos em cada experimento;

II. A elevada variação da CMAP entre solos pertencentes à mesma ordem demonstra o efeito de diferentes características do solo sobre a adsorção de P, não sendo recomendadas extrapolações de resultados a partir de análises feitas sob outras condições;

III. A composição mineralógica da fração argila pode ser mais importante que o teor da mesma para sorção de P;

IV. A maioria dos trabalhos levantados obteve correlação expressiva e positiva entre argila-CMAP, CMAP-k, formas de Fe e Al-CMAP. Relações negativamente significativas foram observadas entre argila-P_{rem}, k-P_{rem}, formas de Fe e Al-P_{rem}, CMAP-P_{rem} e capacidade tampão-P_{rem};

V. A contribuição de atributos temporalmente variáveis, como cátions metálicos (Al^{3+} e

Ca^{2+}), MO, pH e CTC, sobre a disponibilidade de P ratifica a viabilidade da adoção de técnicas de manejo como forma de alterar o poder sortivo de P do solo.

REFERÊNCIAS

[1] AGBENIN, J. O. Extractable iron and aluminum effects on phosphate sorption in a savannah Alfisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 67, p. 589-595, 2003.

[2] ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A.; RESENDE, A. V. Extraction methods for phosphorus and their relationship with soils phosphorus-buffer capacity estimated by the remaining phosphorus methodology-a pot study with maize. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, p. 603-615, 2008.

[3] ALVAREZ V., V. H.; FONSECA, D. M. Determinação de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 49-55, 1990.

[4] BARROW, N. J. The description of sorption curves. **European Journal of Soil Science**, v. 59, p. 900-910, 2008.

[5] BASKARAN, S.; BOLAN, N. S.; RAHMAN, A.; TILMAN, R. W. Effect of exogenous carbon on the sorption and movement of atrazine and 2,4-D by soils. **Australian Journal Soil Research**, v. 34, p. 609-622, 1996.

[6] BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A. **Soil chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 329 p.

[7] BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A. **Soil chemistry**. Toronto: John Willey & Sons, 1985. 341 p.

[8] BOLSTER, C. H.; HORNBERGE, G. M. On the use of linearized Langmuir equations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 71, p. 1796-1806, 2007.

[9] BROGGI, F.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S; NASCIMENTO, C. W. A. Adsorption and chemical extraction of phosphorus as a function of soil incubation time. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 32-38, 2010.

[10] CAMARGO, L. A.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; ALLEONI, L. R. F. Spatial correlation between the composition of the clay fraction and contents of available phosphorus of an Oxisol at hillslope scale. **Catena**, v. 100, p. 100-106, 2012.

[11] CORRÊA, M. R.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA, A. T. Adsorção de fósforo em dez solos do estado de Pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, p. 153-159, 2011.

[12] CUI, H. J.; WANG, M. K.; FU, M. L.; CI, E. Enhancing phosphorus availability in phosphorus-fertilized zones by reducing phosphate adsorbed on ferrihydrite using rice straw-derived biochar. **Journal of Soils and Sediments**, v. 11, p. 1135-1141, 2011.

[13] DIAS, N. M. P.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C.; CAMARGO, O. A. Isotermas de adsorção de cádmio em solos ácricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 229-234, 2001.

[14] FARIAS, D. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, D.; ARRUDA, J. A.; HOFFMANN, R. B.; NOVAIS, R. F. Fósforo em solos representativos do estado da Paraíba. I - Isotermas de adsorção e medidas do fator capacidade de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 623-632, 2009.

[15] GUPPY, C. N.; MENZIES, N. W.; MOODY, P. W.; BLAMEY, F. P. C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 43, p. 189-202, 2005.

[16] HARTER, R. D. Curve-fit errors in Langmuir adsorption maxima. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, p. 749-752, 1984.

[17] HEREDIA, O. S.; CIRELLI, A. F. Environmental risks of increasing phosphorus addition in relation to soil sorption capacity. **Geoderma**, v. 137, p. 426-431, 2007.

[18] HUSSAIN, A.; GHAFOOR, A.; MURTAZA, G. Use of models for phosphorus adsorption on some sodic soils of Punjab. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 8, p. 241-248, 2006.

[19] LANGMUIR, I. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part I. Solids. **Journal of the American Chemical Society**, v. 38, n. 11, p. 2221-2295, 1916.

[20] LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 2001. 176 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

[21] LIMA, P. A. **Transporte de fósforo em solo arenoso adubado com esterco bovino**. 2012. 68 p. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

[22] McBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1994. 406 p.

[23] MOREIRA, F. L. M.; MOTA, F. O. B.; CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, B. M.; BOMFIM, G. V. Adsorção de fósforo em solos do estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 37, n. 1, p. 7-12, 2006.

[24] NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

[25] NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

[26] OBURGER, E.; JONES, D. L.; WENZEL, W. W. Phosphorus saturation and pH differentially regulate the efficiency of organic acid anion-mediated P solubilization mechanisms in soil. **Plant and Soil**, v. 341, p. 363-382, 2011.

[27] OLIVEIRA, C. M. B.; GATIBONI, L. C.; MIQUELLUTI, D. J.; SMYTH, T. J.; ALMEIDA, J. A. Capacidade máxima de adsorção de fósforo e constante de energia de ligação em Latossolo Bruno em razão de diferentes ajustes do modelo de Langmuir. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1805-1815, 2014.

[28] OLSEN, E. R.; WATANABE, F. S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soil as measured by the Langmuir isotherm. **Soil Science Society of America**, Proceedings, v. 21, p. 144-149, 1957.

[29] PIGNATELLO, J. J. The measurement and interpretation of sorption and desorption rates for organic compounds in soil media. **Advances in Agronomy**, v. 69, p. 1-73, 2000.

[30] PINTO, F. A. **Sorção e dessorção de fósforo em solos de Cerrado**. 2012. 46 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2012.

[31] RANNO, S. K.; SILVA, L. S.; GATIBONI, L. C.; RHODEN, A. C. Capacidade de adsorção de fósforo em solos de várzea do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 21-28, 2007.

[32] REIS, J. V.; ALVAREZ V., V. H.; DURIGAN, R. D.; PAULUCIO, R. B.; CANTARUTTI, R. B. Interpretation of soil phosphorus availability by Mehlich-3 in soils with contrasting phosphorus buffering capacity. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, e0190113, 2020.

[33] ROGERI, D. A.; GIANELLO, C.; BORTOLON, L.; AMORIM, M. B. Substitution of clay content for P-remaining as an index of the phosphorus buffering capacity for soils of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, e0140535, 2016.

[34] ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 953-964, 2004.

[35] SANYAL, S. K.; DE DATTA, S. K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Advances in Soil Science**, New York, v. 16, p. 1-120, 1991.

[36] SCHLINDWEIN, J. A; BORTOLON, L.; FIORELI-PEREIRA, E. C.; BORTOLON, E. S. O; GIANELLO, C. Phosphorus and potassium fertilization in no till southern Brazilian soils. **Agricultural Sciences**, v. 4, p.

39-49, 2013.

[37] SCHLINDWEIN, J. A; GIANELLO, C. Calibração de métodos de determinação de fósforo em solos cultivados sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2037-2049, 2008.

[38] SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C. *In*: RIBEIRO, M. R.; NASCIMENTO, C. W.; RIBEIRO FILHO, M. R.; CANTALICE, J. R. B. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 71-184.

[39] SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F. Modelos descritivos da adsorção de íons em solos. **Boletim Informativo SBCS**, v. 31, p. 46-50, 2006.

[40] SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; NUNES, R. S. Fósforo. *In*: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP S. R. (ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010. v. 2. p. 67-132.

[41] SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 975-983, 2006.

[42] SPOSITO, G. **The surface chemistry of soils**. New York: Oxford University, 1984. 234 p.

[43] SPOSITO, G. **The chemistry of soils.** New York: Oxford University Press, 1989. 277 p.

[44] TEIXEIRA, P. C.; *et al*. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. 574 p.

[45] VILAR, C. C.; COSTA, A. C. S.; HOEPERS, A.; SOUZA JUNIOR, I. G. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1059-1068, 2010.

[46] WADT, P. G. S.; SILVA, L. M. **Determinação do fósforo remanescente para a avaliação da disponibilidade de fósforo em solos do estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2011. 5 p. (Embrapa Acre. Comunicado Técnico, 178).

Autores

AUTORES

EZEQUIEL REDIN (ORGANIZADOR)

Curso Superior de Tecnologia em Agropecuária: Sistemas de Produção (UERGS) - CREA RS 160488; Bacharelado em Administração (ULBRA); Licenciatura plena para a Educação Profissional (UFSM); Licenciatura em Filosofia (UFSM); Licenciatura em Sociologia (Unip); Pós-graduação em Gestão Pública Municipal (UFSM); Pós-graduação em Tecnologias de Informação e Comunicação aplicadas à Educação (UFSM); Pós-graduação em Ensino de Sociologia no Ensino Médio (UFSM); Pós-graduação em Ensino de Filosofia no Ensino Médio (UFSM); Mestrado e Doutorado em Extensão Rural (PPGExR/UFSM); Editor da Revista Extensão Rural (UFSM). Atualmente é Professor do Departamento de Ensino do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Professor Permanente do Programa de Pós-graduação em Estudos Rurais (PPGER) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus Diamantina, MG. É avaliador credenciado do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (BASis) do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP/MEC.

ADRIANE CALDEIRA BATISTA OLIVEIRA

Zootecnista

ANTONIA MIRIAN NOGUEIRA DE MOURA GUERRA

Docente - Universidade Federal do Oeste da Bahia

BRUNA CANABARRO POZZEBON

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS, Mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Doutora em Fitopatologia pela Universidade Federal de Lavras

BRUNA SOARES XAVIER DE BARROS

Pós-Doutorado pela FCA / UNESP (Energia na Agricultura) (2019). Ministrou a disciplina de Introdução ao Geoprocessamento e Topografia na FCA/UNESP para alunos de pós-graduação (2016 a 2018). Em 2014/2015, foi professora substituta da UNESP (Departamento de Engenharia Rural, FCA), Botucatu SP das disciplinas: Topografia I e Sensoriamento Remoto e Topografia II e Georreferenciamento Aplicado. Foi bolsista PROPe Recém-Doutor (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP) em 2014. Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura pela Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP (2013). Doutorado Sanduíche na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal (2012). Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura pela Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP (2010) e graduação em Sistemas de Informação pela Universidade do Sagrado Coração (2007). Foi professora de Topografia da Faculdade GranTietê (Barra Bonita SP). Trabalhou na Faculdade Galileu (Botucatu SP) ministrando as disciplinas de Topografia, Administração em Sistemas de Informação I e Informática Aplicada a Saúde. E, (2015 a 2022) foi professora das disciplinas de Topografia; Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento; Geoprocessamento e Georreferenciamento para alunos de graduação no Centro Universitário UniFsp (Avaré SP). Em 2023, foi professora conferencista das disciplinas de Informática aplicada à agricultura e de Informática para os cursos de graduação em Engenharia Agronômica e Engenharia Florestal da Faculdade de Ciências Agronômicas na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (FCA/UNESP). Atualmente (2024), foi professora substituta da UNESP (Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, FCA), Botucatu SP das disciplinas: Topografia e Geotecnologias Aplicadas às Ciências Agrárias.

CAMILA FERNANDA DE ARAÚJO FAUSTINO

Possui graduação em Tecnologia em Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

AUTORES

DANIEL FERREIRA DA SILVA

Professor da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da UFVJM

EDEILTON BORGES DOS SANTOS

Mestrando - Universidade Estadual de Montes Claros, Campus Januária (Unimontes – Januária)

EDGAR SALIS BRASIL NETO

Engenheiro Agrônomo pela Universidade da Região da Campanha, Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria, Engenheiro Agrônomo da Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS

EDILSON ALMEIDA

Zootecnista e Mestre, Secretário de Desenvolvimento Agropecuário e Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Diamantina, MG (Gestão 2016-2024).

EDUARDO DAVID

Possui graduação em Engenharia Agronômica pela Universidade de Taubaté (1990), Mestrado (2007) e Doutorado (2011) em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente Professor Dr. na Universidade Estadual de Maringá, Campus do Arenito. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Engenharia Agrícola, atuando nas áreas de Construções Rurais e Ambiência, Conservação e Uso Racional de Energia Elétrica em Atividades e Processos Agroindustriais, Eficiência Elétrica no meio Rural e Instalações Elétricas Rurais.

EDUARDO RODRIGUES MOLINARI

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS

EMANOEL FERNANDES DE ARAÚJO FAUSTINO

Possui graduação em Tecnologia em Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Foi bolsista de Iniciação Cientifica (2019) e (2020-2021). Tendo como principal área de atuação Pós colheita e Tecnologia de Frutas e Hortaliças.

FELIPE SILVA PORTO

Graduado em Agronomia - Universidade Federal do Oeste da Bahia

FLÁVIO SILVA MACHADO

Doutor Em Ciências Ambientais e Florestais (Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro)

GILBERTO RODRIGUES LISKA

Licenciado em matemática ela Universidade Federal de Alfenas, Mestre e Doutor em Estatística e Experimentação Agropecuária pela Universidade Federal de Lavras, Professor Adjunto da Universidade Federal de São Carlos, Campus Araras

GREYCE KELLY DA SILVA LUCAS

Ensino técnico em alimentos pelo IFRN-campus Currais Novos; Graduação em Tecnologia em Alimentos pelo IFRN-campus Currais Novos; Projetos de pesquisa e inovação voltados a análise

AUTORES

físico-química de alimentos e desenvolvimento de produtos alimentícios. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Ciência de Alimentos.

JANINE DE NOVAES ALMEIDA

Graduada em Agronomia - Universidade Federal do Oeste da Bahia

JOSÉ GABRIEL FREITAS DE LIMA

Técnico em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias (PPGCAG) da UFRB.

JOSIMARA DE SOUZA ALVES

Graduada em Tecnologia dos Alimentos e pós graduanda em Ciências e Tecnologia de Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) Campus Currais Novos. Projeto de pesquisa e desenvolvimento físico química dos alimentos. Trabalhando atualmente em Cartório Único de Notas e Registros da cidade de Acari/RN como Registradora Civil Substituta.

JÚLIO CÉSAR AZEVEDO NÓBREGA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (1996), mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras (1999) e doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras (2005). Desde 2023 é bolsista de produtividade em Pesquisa do CNPq Nível 2. Entre novembro de 2005 e junho de 2014 foi professor da Universidade Federal do Piauí (UFPI), onde foi Coordenador do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas (PPGSNP) pelo período de 11/2008 a 11/2012; fundador e líder do Grupo de Pesquisa em Solos, Produção Vegetal e Qualidade Ambiental na Região dos Cerrados; criador e Coordenador do Centro de Análises de Solo, Água, Plantas e Corretivos do CPCE/UFPI. Atualmente, é Professor Titular da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e docente permanente do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias PPGCA/UFPI (Mestrado e Doutorado) e do curso de Agronomia do CCAAB/UFRB. Lidera o Grupo de Pesquisa "Pedosistemas em Biomas do Nordeste", além de coordenar o Laboratório de Física do Solo e o Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da UFRB. Foi coordenador do Programa de Pós-graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas - PPGSQE, entre 2016 e 2020 e, desde novembro de 2019, é Coordenador e docente permanente do PPGCAG (Mestrado e Doutorado) da UFRB.

LEOMAR HACKBART DA SILVA

Engenheiro Agrônomo e Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial pela Universidade Federal de Pelotas, Doutor em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas, Professor Associado da Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS

LUIZ ANTÔNIO DE OLIVEIRA CHAVES

Mestre Em Sistemas De Gestão (Universidade Federal Fluminense)

MAGNA MARIA MACEDO NUNES COSTA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (1993), mestrado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal do Ceará (1995) e doutorado em Produção Vegetal (Nutrição Mineral de Plantas) pela Universidade Federal de Viçosa (2001). Foi docente da Universidade Federal de Roraima (2005-2010) atuando nas áreas de Fisiologia Vegetal e Nutrição Mineral de Plantas. Atualmente é Pesquisadora A da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

AUTORES

com lotação no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (Campina Grande-PB), atuando nas áreas de Agroecologia e Nutrição Mineral de Plantas.

MARIA FERNANDA ANTUNES DA CRUZ

Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas e Mestre em Agronomia pela Universidade de Passo Fundo, Doutora em Biologia Celular e Estrutural pela Universidade Federal de Viçosa.

MARIA HELENA TEIXEIRA DA SILVA

Doutora Em Engenharia De Sistemas E Computação (Universidade Federal Do Rio De Janeiro)

MARIZA PONCE

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS, Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras, Doutoranda em Fitotecnia UFLA

MATEUS CARVALHO AMARAL

Doutor Em Engenharia e Ciências Dos Materiais (Universidade Estadual Do Norte Fluminense)

MIRELI DUARTE BERGMANN

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS, Mestre em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná, Doutoranda em Agronomia UFPR

MYLENA TEIXEIRA SANTANA

Graduanda em Agronomia - Universidade Federal do Oeste da Bahia

PAHLEVI AUGUSTO DE SOUZA

Possui graduação em Engenharia Agronômica pela Escola Superior de Agricultura de Mossoró, ESAM (1998), mestrado em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA (2002) e doutorado em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa, UFV (2006). Foi bolsista Pós-doutor no programa PRODOC (2006 - 2007) e PNPD (2008).Tem experiência na área de Fisiologia Pós-Colheita e Tecnologia de Frutas e Hortaliças, atuando principalmente nos seguintes temas: Pós-colheita, armazenamento, qualidade, processamento de frutas e hortaliças e embalagem. Atualmente é Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Currais Novos. Faz parte do Scientist and University Rankings 2024.Classificação Mundial de Cientistas e Universitários de 2024 (AD Scientific Index 2024) Classificação: 5 do IFRN; 25.606 do Brasil, 43.338 da América Latina e 729.589 no mundo.

PAULO JORGE DE PINHO

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual de Montes Claros, Mestre e Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras, Professor Adjunto da Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS

RAQUEL JANUÁRIO DA SILVA

Possui ensino-medio-segundo-graupela Escola estadual Instituto Vivaldo Pereira(2014). Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

AUTORES

RENATA SILVA CANUTO DE PINHO

Engenheira Agrônoma pela Universidade Estadual de Montes Claros, Mestre e Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras, Professora Associada da Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS

RITA COSTA DA SILVA

Graduanda em Agronomia - Universidade Federal do Oeste da Bahia

ROBISOM DAMASCENO CALADO

Doutorado em Engenharia Mecânica (Universidade Estadual de Campina)

RODRIGO TRINDADE PINHEIRO

Engenheiro Agrônomo e Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria, Engenheiro Agrônomo da Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS

RONALDO ALBERTO POLLO

Doutor em Agronomia-Energia na Agricultura pela Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP/Botucatu-SP (2017); Mestre em Agronomia-Energia na Agricultura FCA/UNESP/Botucatu-SP (2013); Especialista em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pela UNINTER /Fatec Internacional (2010) e Especialista em Gestão do Agronegócio pelo Centro Universitário UniFatecie (2023); Graduação em Geografia-Faculdades Integradas de Botucatu/SP (1997) e curso Técnico Agrícola pela Escola Agrícola Estadual D. Sebastiana de Barros-São Manuel-SP. Atua na área de Topografia, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP/Botucatu-SP e realiza atividades de pesquisa em Sensoriamento Remoto aplicado em estudos ambientais e na gestão e manejo de bacias hidrográficas, planejamento do uso da terra, áreas de preservação permanentes (APPs), conflitos de uso da terra, estudo da rede de drenagem, classes de declive, Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Topografia e Sistema de Posicionamento Global (GPS). Membro Honorário da Rosalind da London Journals Press-Reino Unido. Pesquisador do Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas - GEPAG na FCA/UNESP/Botucatu-SP, cadastrado e certificado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

ROZILDA VIEIRA OLIVEIRA

Licenciada em Geografia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Especialista em Geografia (UEFS/IAT), Especialista em Gestão Pública Municipal pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Mestre em Ciências Agrárias pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Doutora em Energia e Ambiente (UFBA). Professora Titular da UNEB, atuando nos cursos de Licenciatura em Geografia e Especialização em Geografia e Desenvolvimento Territorial (DCH, Campus V). Coordenadora do Laboratório de Geociências (DCH-V) e Líder do Grupo de Pesquisa sobre Degradação dos Recursos Naturais, Agricultura e Ambiente (DNAA).

RUTE HOLANDA LOPES

Doutorado em Ciencias do Ambiente e Sustentabilidade da Amazoni pela Universidade Federal do Amazonas. Coord. Incubadora ICETec da Universidade Federal do Amazonas , Brasil.

SAMILY ALVARENGA DOS SANTOS

Graduanda em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Tecnologias / UFAM.

AUTORES

TAINAH ESPINOSA

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS

TAMIR FERNANDES OLIVEIRA

Professor da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da UFVJM

UBLENER ANJOS MACEDO

Graduado em Agronomia - Universidade Federal do Oeste da Bahia

VANESSA END DE OLIVEIRA

Doutorado em Química (Universidade Federal de Juiz de Fora)

WASHINGTON LUIZ COTRIM DUETE

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Doutor em Agronomia pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Associado da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (UFRB/CCAAB), atuando no curso de Engenharia Agronômica do CCAAB. Vice-Líder do Grupo de Pesquisa sobre Degradação dos Recursos Naturais, Agricultura e Ambiente (DNAA).

ZACARIAS XAVIER DE BARROS

Professor Titular, desde 1999, pela Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP Botucatu SP). Atualmente atua principalmente nos seguintes temas: uso da terra, sig- ocupação do solo-bacia hidrográfica, classes de declive-unidades de solo-relevo, amostras circulares teste análise multivariada e fotografias aéreas restituição.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson